

Universidad Pública de Navarra

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**PERFIL AROMÁTICO DE LA CARNE DE POTRO PROCEDENTE DE
ANIMALES ALIMENTADOS CON SEMILLAS DE LINO**

presentado por

JAVIER TEJA OTAZUA

aurkeztua

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Febrero, 2017

2017eko, otsaila

AGRADECIMIENTOS

No puedo terminar este trabajo Final de Grado sin agradecer el apoyo recibido a todas esas personas que de una u otra manera me han ayudado a lo largo de la carrera, ya sea enseñándome, corrigiéndome y sobre todo, apoyándome.

A María Victoria Sarriés, directora y tutora de este trabajo, por su apoyo, interés y amabilidad, que siempre ha encontrado para atenderme.

A Kizkitza Insausti, subdirectora de este trabajo, por toda su dedicación, por su gran disponibilidad y por su más absoluta predisposición.

A Marta Ruiz, por estar siempre dispuesta a ayudarme y aconsejarme cada vez que lo he necesitado.

A Susana, por sus ayudas inmediatas al mínimo problema en el laboratorio.

A mi familia que me ha apoyado durante toda mi carrera universitaria, soportando mi estrés y ratos de mal genio, pero sobre todo por los consejos y apoyo recibido siempre que lo he necesitado.

A mis amigos, compañeros de la universidad y compañeros de viaje de estudios, por sus ánimos y consejos que me han impulsado a seguir adelante en los peores momentos.

A todos ellos, muchas gracias.

María Victoria SARRIÉS, Profesora Titular del Área de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra.

INFORMA:

Que el trabajo Fin de Grado titulado “Perfil Aromático de la carne de potro procedente de animales alimentados con semillas de lino” que presenta el alumno Javier TEJA OTAZUA, ha sido realizado en el Departamento de Producción Agraria bajo mi dirección, cumple las condiciones exigidas y autorizo su presentación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sarriés', is centered on a light gray rectangular background.

Y para que así conste, firmo el presente informe en Pamplona a 25 de Enero de 2017.

TÍTULO: Perfil aromático de la carne de potro procedente de animales alimentados con semillas de lino

ALUMNO: Javier Teja Otazua

DIRECTOR: María Victoria Sarriés

RESUMEN:

La finalidad de este Trabajo Fin de Grado ha sido caracterizar la fracción aromática de la carne de 11 potros (8 hembras y 3 machos) criados de forma extensiva y suplementados durante los 100 últimos días previos al sacrificio con pienso enriquecido con semillas de lino.

Una vez los potros alcanzaron los 13 meses de edad fueron sacrificados. A las 24 horas *post-mortem* se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* de la canal izquierda y se cortó en filetes, los cuales fueron envasados al vacío y se conservaron en refrigeración durante los días 0 (día del corte) y a 12 días de maduración a una temperatura de +2°C. Una vez alcanzados dichos tiempos los filetes fueron conservados a -20 °C hasta el día del análisis.

Se realizó la extracción de los compuestos volátiles mediante la técnica espacio cabeza dinámico en concentrados de muestras de purga y trampa. La separación e identificación de los compuestos volátiles se realizó por cromatografía gaseosa capilar acoplada al espectrómetro de masas. Para el análisis instrumental las muestras fueron descongeladas 24 horas antes de su análisis y posteriormente se picaron y se analizaron.

A partir de los resultados obtenidos, se han identificado, un total de 17 compuestos volátiles correspondientes a las siguientes familias: hidrocarburos alifáticos, aldehídos alifáticos, cetonas alifáticas, compuestos aromáticos, compuestos azufrados, alcoholes alifáticos y aminas. Los compuestos con mayor presencia PRA (porcentaje relativo del área) fueron 2-propanona y el etanol.

La familia que presenta más diferencias significativas por maduración (TC0 vs TC12 días) es la de los aldehídos alifáticos, siendo el hexanal y octanal los compuestos más afectados. Además, dicho efecto ha revelado que los valores de área en los compuestos afectados han alcanzado mayores valores de PRA a los 12 días que a 0 días de maduración. Por tanto este hecho implica que en la carne de potro a los 12 días de maduración, se generan cambios en la fracción de los compuestos volátiles que podrían influir en los resultados organolépticos de la misma.

Palabras clave: Tiempo de conservación, maduración, carne de potro, compuestos volátiles, calidad de la carne, flavor.

ABSTRACT:

The purpose of this End of Grade Work has been characterized the aromatic fraction of the meat of eleven foals (8 females and 3 males) grown in extensive system and fed for the last 100 days before slaughter with fodders made-up with flax seeds. When the foals were 13 months of age they were slaughtered. After 24 hours *post-mortem*, it caught the muscle *Longissimus dorsi* of the left carcass and it cut in steaks which they were preserved in refrigeration +2 ° C for the day 0 (cut day) and 12 days after ripening. When the refrigeration times finished, the steaks were kept to -20 ° C until the analysis day.

The volatile compounds were extracted using the dynamic head technique and the purge and trap sample tests. The separation and identification of the volatile compounds were performed for gaseous chromatography capillary coupling to the mass spectrometer. For analytical analysis the samples were thawed 24 hours prior to analysis and then minced and analyzed.

They were identified a total of 17 volatile compounds from the following families: aliphatic hydrocarbons, aliphatic aldehydes, aliphatic ketones, aromatic compounds, sulfur compounds, aliphatic alcohols and amines. The compounds with the highest PRA presence were 2-propanone and ethanol.

The family of aliphatic aldehydes presents the most significant differences due to maturation, being hexanal and octanal the most affected compounds. The differences between maturation times were significant, presenting values of greating area in those samples with 12 days of maduration than in those with 0 days. Therefore, this fact implies that in the samples with 12 days of maturation the changes in the fraction of the volatile compounds could influence the organoleptic results of the foal meat.

Keywords: conservation time, foal meat, meat quality, flavor, maturation, volatile compounds.

ABREVIATURAS

Ácido alfa-linolénico: AAL

Ácido graso: AG

Ácido linoleico conjugado: ALC

Metano Tiobis: DMS

Porcentaje relativo de área: PRA

Tiempo de conservación: TC

Índice de retención: IR

Ácido tiobarbitúrico: TBARS

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Carne de Caballo.....	12
1.1.1. Sector equino.....	12
1.1.2. Principales razas del Norte de España.....	14
1.1.3. Sistema de producción	21
1.1.3.1. Alimentación de los potros en el periodo de cebo.....	21
1.1.3.2. Comercialización de los potros cebados	23
1.1.4. Características de la carne de potro	24
1.1.4.1. Factores productivos que afectan a la calidad	26
1.1.4.2. Factores tecnológicos que afectan a la calidad.....	27
1.2. Compuestos volátiles	29
1.2.1. Compuestos volátiles de la carne	29
1.2.2. Compuestos volátiles de la carne de potro	29
1.2.3. Métodos de medición	32
2. OBJETIVOS.....	36
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	37
3.1. Material animal	37
3.2. Sacrificio de los animales.....	38
3.3. Conservación de las muestras	39
3.4. Determinación de los compuestos volátiles	39
3.4.1. Preparación de las muestras	39
3.4.2. Extracción de los compuestos volátiles.....	40
3.4.3. Separación y cuantificación de los compuestos volátiles.....	40
3.4.4. Identificación de los compuestos volátiles	41
3.5. Determinación de la oxidación de la grasa.....	41
3.6. Análisis estadísticos	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Perfil de los compuestos volátiles de la carne de potro a día 0 y 12 de conservación.....	42
4.2. Efecto del tiempo de maduración sobre el perfil de los compuestos volátiles.....	48
4.3. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa	51
5. CONCLUSIONES.....	53
6. BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de carne a nivel mundial de especies en 2013.....	12
Figura 2. Distribución de la producción de carne de potro por comunidades autónomas en el año 2013.....	14
Figura 3. Ejemplares adultos de Burguete pastando en los pastos de montaña.....	15
Figura 4. Extensión de la población de raza Burguete en Navarra.....	16
Figura 5. Censo de los animales registrados en el libro genealógico entre los años 2010-2015.....	16
Figura 6. Yegua de Caballo Gallego de Monte con su potro.....	18
Figura 7. <i>Ulex europaeus</i> . Especie de planta importante en la dieta de los caballos que pastan en las sierras de Galicia.....	19
Figura 8. Semillas y flor de lino (<i>Linum usitatissimum</i> L.).....	23
Figura 9. Resultado visual de la evolución de la carne de potro a lo largo de los días..	26
Figura 10. Receptores olfatorios.....	29
Figura 11. Porcentaje del número de compuestos volátiles de acuerdo a su naturaleza química en muestras de carne cruda del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en potro.....	30
Figura 12. Porcentaje del número de compuestos volátiles de acuerdo a su naturaleza química en muestras de carne cruda del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en potro.....	31
Figura 13. Técnica de espacio cabeza estático.....	33
Figura 14. Potros cruzados <i>in-vivo</i> semanas antes del sacrificio.....	37
Figura 15. Canal izquierda 24 horas <i>post-mortem</i>	39
Figura 16. Filete de 2,5 cm de grosor del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	39
Figura 17. Esquema del sistema de análisis de los compuestos volátiles.....	40
Figura 18. Porcentaje del número de compuestos volátiles según su naturaleza química detectado en el espacio cabeza dinámico de muestras de carne en crudo del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en potro.....	46
Figura 19. Porcentaje relativo de área (PRA) de los compuestos volátiles según su naturaleza química detectados en el espacio de cabeza dinámico del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en carne de potro.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los diez países del mundo con mayor importación y exportación de carne de potro en 2011.....	13
Tabla 2. Principales datos productivos de la raza Burguete.....	18
Tabla 3. Principales datos cárnicos de la raza Burguete.....	18
Tabla 4. Principales datos productivos de la raza Caballo Gallego de Monte.....	20
Tabla 5. Composición química de los alimentos empleados en el cebo convencional de potros	22
Tabla 6. Principales ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) de la semilla de lino.....	23
Tabla 7. Composición química media de la carne de potro (g/100 g de carne).....	24
Tabla 8. Principales nutrientes en la carne de potro.....	25
Tabla 9. Efecto de la edad (9 meses vs 12 meses) y el sexo en la calidad de los filetes de carne de potro.....	27
Tabla 10. Composición del pienso en %.....	38
Tabla 11. Composición de los ácidos grasos en %.....	38
Tabla 12. Compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza dinámico en muestras del musculo <i>Longissimus dorsi</i> en carne de potro.....	43
Tabla 13. Frecuencia absoluta de aparición de los compuestos volátiles detectados en el musculo <i>Longissimus dorsi</i> en carne de potro.....	44
Tabla 14. Niveles de significación estadística del factor maduración a 0 días frente a 12 días del análisis de la varianza para los compuestos volátiles detectados en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> en potro.....	49
Tabla 15. Media de áreas para el factor maduración a 0 días frente a 12 días en los compuestos volátiles detectados en el espacio cabeza dinámico en las muestras de carne del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en potro.....	50
Tabla 16. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa en carne cruda a 0 y a 12 días de maduración.....	51

1. INTRODUCCIÓN

La producción equina ha descendido mucho como consecuencia de la mecanización de las labores agrícolas, ya que hasta hace unos pocos años desempeñaban una función muy importante como animales de tiro, transporte, labores de campo...etc. en todo el mundo. Sin embargo, se ha producido un incremento en el número de ejemplares en aquellas razas cuya carne se comercializa. Entre todas las razas de caballar, las que mejor predisposición, precocidad y calidad tienen coinciden con las razas rusticas que un día fueron usadas como animales de tiro (Sarriés & Beriain, 2004).

La carne de equino ha sufrido varios altibajos a lo largo de la historia. Eran épocas de gran consumo cuando la situación económica del momento no permitía comprar carne de vacuno, teniéndose que conformar así con carne más barata como la de caballo (Sarriés & Beriain, 2004). Sin embargo, una vez la situación económica se solucionaba el consumo de este tipo de carne volvía a descender, manteniéndose únicamente una minoría de la sociedad fiel a este producto.

Debido al bajo consumo de carne de caballo en nuestro país, la importancia de las explotaciones caballares de aptitud cárnica son poco significativas. La poca estima del consumidor español hacia la carne de caballo se debe fundamentalmente a que hasta hace unos pocos años el consumo de carne de caballo estaba prohibido por la Iglesia y que actualmente se considera al caballo como un animal de compañía por una gran parte de la sociedad. Sin embargo, en países como Francia el consumo de este tipo de carne es bastante importante. Cabe decir que la carne de caballo presenta unas características acordes con la demanda actual del mercado, es decir, carne magra y con poca grasa (Sarriés, Ruiz, Beriain, & Pérez de Muniáin, 2014).

A diferencia de unos años donde las razas de caballos utilizados para la producción cárnica procedían de animales viejos, los ejemplares utilizados hoy en día para el sacrificio son mucho más jóvenes, y son seleccionados y criados para la producción de carne. Entre ellos se encontrarían razas como el caballo de Burguete, la Jaca Navarra, Asturcón o el Caballo Gallego de Monte entre otras (Fábregas, 2012), todas ellas se encuentran recogidas en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España como razas autóctonas de Protección Especial (MAGRAMA, diciembre 2016).

La carne de potro es una carne interesante, debido a que se diferencia de las demás en su sistema de producción, siendo este extensivo hasta los siete meses de edad por término medio. Pero existen pocos estudios que analicen sus características físico-químicas y organolépticas. El flavor y el aroma de la carne cruda son algunos de los aspectos más influyentes y menos estudiados en la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor. Aunque la carne cruda tiene sabor a sangre y muy poco aroma, es un rico reservorio de precursores que en el proceso de cocinado originan un gran número de compuestos volátiles que contribuyen al desarrollo del aroma y flavor percibidos en el momento del consumo (Mottram & Edwards, 1983).

La alimentación juega un papel muy importante en la aceptación de la carne, puesto que influye directamente en la calidad de la grasa y esta al mismo tiempo influye en el

olor y sabor de la carne. Por ello, algunos productores agregan alimentos ricos en ácidos grasos poliinsaturados como las semillas de lino (*Linum usitatissimum L.*) en la dieta del ganado, ya que además de proporcionar una gran fuente de ácidos grasos polinsaturados esenciales también proporcionan buenos aportes de proteína y fibra dietética.

A medida que en la carne madura ocurren fenómenos oxidativos que afectan a lípidos y proteínas provocando así cambios que contribuyen de forma positiva a la aparición de los compuestos volátiles responsables del flavor de la carne.

En este sentido, en el presente trabajo se va a estudiar el perfil aromático de la carne de potro mediante análisis instrumental y posteriores análisis estadísticos que ayudaran a identificar y cuantificar los principales compuestos químicos implicados en la carne cruda de potro). Concretamente se intentará describir el perfil aromático característico de la carne de potro obtenida mediante el cruce entre ejemplares de raza Burguete y Caballo Gallego de Monte que han sido previamente alimentados con semillas de lino y conservadas en refrigeración a vacío durante los días 0 y 12 de conservación (TC0 y TC12 respectivamente).

1.1. Carne de Caballo

Los caballos han estado asociados al ser humano a lo largo de la historia. Antigüamente en la época del Paleolito eran cazados como una de las principales fuentes de recurso alimenticio, además sus pieles servían para proteger a los nómadas de las inclemencias del tiempo (Edwards, 1998; Hintz, 1995; Peplow, 1998). A finales del Neolítico (6.000-5.000 a.C) tribus de Asia Central consiguieron domesticar a los caballos salvajes y usarlos como fuente de alimento (carne y leche) y trabajo. Con el paso de los años, por razones religiosas y culturales el consumo de carne de caballo disminuyó considerablemente.

Tal y como se puede observar en la Figura 1, actualmente comparando con otras carnes (pollo, pavo, bovino, cerdo...) la producción de carne de potro representa solo un 0.25% del total de la producción de carne de todo el mundo (FAO, 2015).

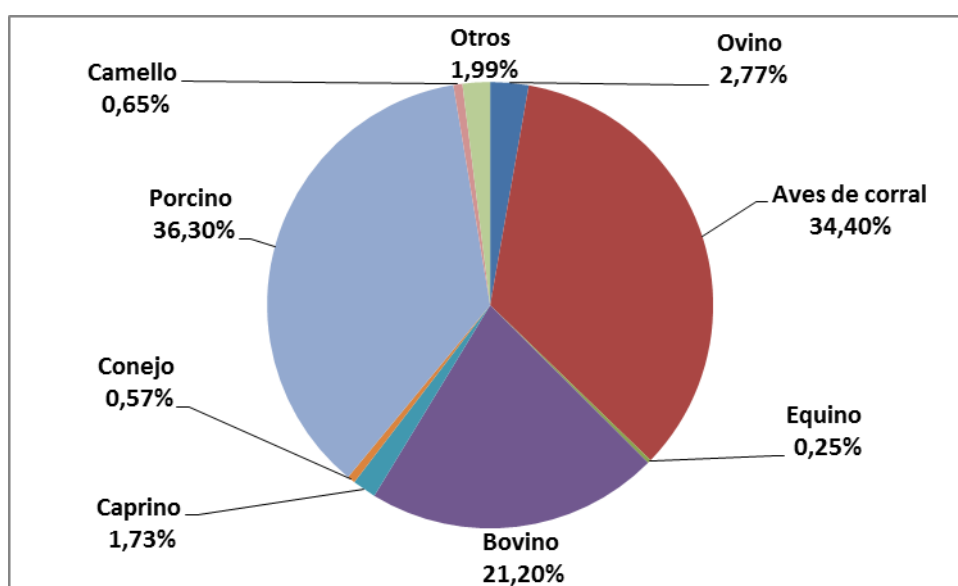


FIGURA 1. Producción de carne a nivel mundial de especies en 2013.

FUENTE (Belaunzaran et., 2015).

En España el consumo de carne de caballo ha ido cambiando a lo largo de los años en función de la situación económica del país. En épocas de abundancia la clase media social tendía a comer principalmente carne de vacuno, asociando la carne de caballo a las personas de clase social baja (Fernández de Labastida, 2011). Sin embargo, en el siglo XIX debido a la pobreza generada por las guerras, el consumo de este tipo de carne se incrementaba, volviéndose a reducir su consumo cuando la situación mejoraba.

1.1.1. Sector equino

Según informa la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), la producción de carne de caballo se mantuvo constante entre 1965-1990 con producciones medias de 500.000 toneladas por año (FAO, 2015). A partir de 1990 se produjo un incremento de la producción en continentes como Europa y Asia, llegando a incrementarse la producción en un 40%, con un promedio de 70.000 toneladas al año. El principal motivo por el cual se incrementó la producción en Asia se debió principalmente a que se incluyeron en la base de datos de la (FAO) a países como

Kazakstán y Kirguistán, y al incremento de la producción que se dio en China. Por otro lado en Europa debido a la crisis bovina de la encefalopatía espongiforme se vio beneficiado el consumo de equino (Fernández de Labastida, 2011).

La producción por continentes muestra que la mayor parte de la carne de caballo se produce en Asia con un 46%, seguido de América con un 30%, Europa 18%, Oceanía 4% y finalmente África con un 2% (FAO, 2015b).

Entre los principales países productores destacan China con un 26%, Kazajistán 12%, México (11%), Rusia (7%) y Argentina (4%) (FAO, 2015b). Los principales productores europeos son Italia, Rumania, Francia, España y Alemania (FAOSTAT, 2013).

Respecto al comercio que genera la carne de caballo (Tabla 1), países como Italia, Bélgica, Rusia y Francia son los principales importadores, mientras que Argentina, Bélgica, Canadá y México son los principales exportadores (Belaunzaran et al., 2015).

TABLA 1. Los diez países del mundo con mayor importación (a) e exportación (b) de carne de potro en 2011.
FUENTE (FAO, 2015).

	País	Producción	Importación	Exportación	Importe Neto	Exportación %	Importación %
(a)	Italia	16527	28962	3000	42489	21,7	2,13
	Rusia	47942	25562	0	73504	19,1	0,00
	Bélgica	2115	25206	20986	6335	18,9	14,9
	Francia	5000	18122	5686	17436	13,6	4,04
	Países Bajos	380	5945	6324	1	4,45	4,5
	Suiza	775	5003	0	5778	3,74	0,00
	Japón	4868	4512	0	9380	3,38	0,00
	Kazajistán	75600	3680	0	79280	2,75	0,00
	Finlandia	460	2306	22	2744	1,73	0,02
	Luxemburgo	13	1965	1924	54	1,47	1,37
(b)	Argentina	25970	-	21225	4745	-	15,1
	Bélgica	2115	25206	20986	6335	18,9	14,9
	Canadá	27000	0	15787	11213	0,00	11,2
	México	83350	0	14026	69324	0,00	10
	Polonia	12600	80	11832	848	0,06	8,41
	Mongolia	24964	-	8977	15987	-	6,28
	Uruguay	8170	0	6673	1497	0,00	4,74
	Países Bajos	380	5945	6324	1	4,45	4,5
	Rumania	9540	3	6151	3392	0,00	4,37
	Francia	5000	18122	5686	17436	13,6	4,04

La fracción de la carne de caballo destinada al consumo humano en algunos casos puede ser incierta, sobre todo, en los países donde la aceptabilidad de carne de caballo como fuente de alimento es inexistente. Se calcula que el suministro medio en todo el

mundo es de 0,10 kg per cápita, siendo países como Mongolia (5,81 kg), Kazajistán (4,92 kg), Kirguistán (3,50 kg) o Islandia (2,19 kg) (Belaunzaran et al., 2015).

En la actualidad, la producción de carne equina en España representa un porcentaje muy bajo sobre la producción mundial de carne (0,25%). En España supone el 0,12% estabilizado en torno a 7.000 toneladas/año entre 2.000-2012 (FAO, 2012).

En España Cataluña es, junto con la Comunidad Valenciana, uno de los mayores consumidores de carne equina. Sin embargo, España cuenta con distintas zonas geográficas que son aptas para la cría y producción del sector equino. Tal y como se puede observar en la Figura 2 en línea con la concentración de explotaciones dedicadas a la producción cárnica, son cuatro comunidades autónomas las que concentran mayor número de sacrificios: Comunidad Valenciana con un 17% del total, Castilla y León al igual que Navarra con un 16% y Cataluña con un 15% (Revuelta, 2013).

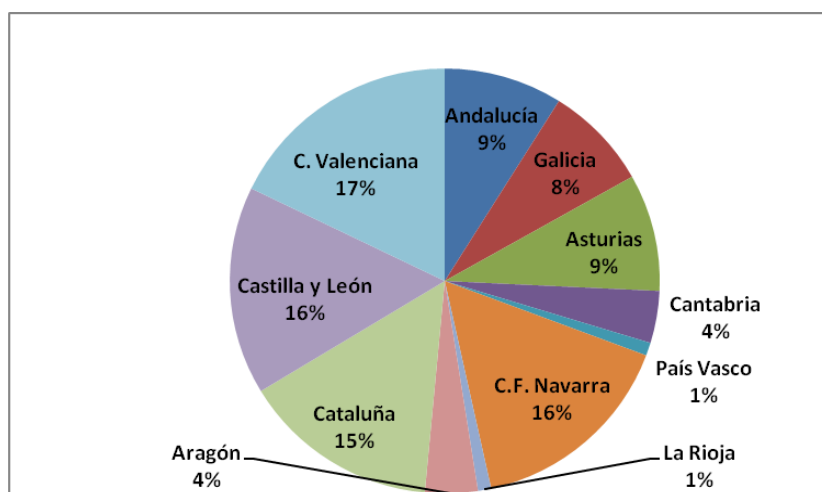


FIGURA 2. Distribución de la producción de carne de potro por comunidades autónomas en el año 2013.
FUENTE (Revuelta, 2013).

1.1.2. Principales razas del Norte de España

Las razas que se emplean para la producción de carne de potro suelen ser las autóctonas de cada zona. Son razas muy rústicas que están bien adaptadas a las condiciones meteorológicas y geológicas de dichos ecosistemas. Las razas más empleadas son: Jaca Navarra, Burguete, Asturcón, Hispano-Bretón, Caballo de Monte del País Vasco, Caballo Gallego de Monte... etc.

A menudo es bastante habitual la realización de cruces entre diferentes razas equinas con el objetivo de mejorar algún tipo de característica. En el caso de este proyecto se ha realizado un cruce entre ejemplares hembras de Caballo Gallego de Monte con machos de Burguete para mejorar las características cárnicas de la primera, por lo que previamente ha sido necesario conocer bien ambas razas.

• Caballo de Burguete:

La raza Burguete (Figura 3) es una raza autóctona de origen no muy lejano presente en gran parte de la Comunidad Foral de Navarra. Radica del cruce de la yegua indígena tipo “Jaca Navarra” con caballos franceses de raza Bretón. (MAGRAMA, diciembre 2016).



FIGURA 3. Ejemplares adultos de Burguete pastando en los pastos de montaña.

A principios del siglo XX al solo disponer en Navarra de ejemplares de Jaca Navarra (animales de pequeño tamaño y poca fuerza) los ganaderos navarros vieron la necesidad de crear una raza de caballo de mayor tamaño y aptitud de tiro o carga. Es por ello que se introdujeron sementales de razas foráneas como el Bretón, Percherón, Ardenas y Comtois con objetivo de cruzarlos con la Jaca Navarra que era la raza autóctona de la zona, obteniendo así un caballo de mayor volumen.

Tras la mecanización agrícola las funciones de los animales de tiro se vieron drásticamente reducidas, sin embargo, se empezó a encaminar al caballo de Burguete como una raza de carne. En la actualidad esta raza tiene una vocación cárnica, por lo que es importante iniciar la selección de la misma con el fin de mantener dicho patrimonio genético y mejorar los productos obtenidos.

Tradicionalmente el caballo de Burguete se encontraba en las localidades navarras próximas a la frontera con Francia (Burguete, Espinal, Valle de Aezkoa, Valle de Salazar, Valle de Arce y Valle de Roncal), zonas donde más cruzamientos se hicieron debido a la facilidad con que se podían transportar ejemplares desde Francia. Con el paso de los años se ha extendido a zonas como Valle de Larraun, Valle de Ulzama, Odieta, Anue, Atez, Valle de la Barranca y las sierras de Aralar, Urbasa y Andia (INTIA, diciembre 2016). (Figura 4).



FIGURA 4. Extensión de la población de raza Burguete en Navarra. **FUENTE** (INTIA, diciembre 2016).

A pesar de la su gran expansión por las diferentes localidades navarras, a día de hoy la raza Burguete esta considerada en peligro de extinción por la F.A.O, el M.A.P.A y por la Comuniad Foral de Navarra (BON 26/04/1999) debido a que no se dispone de tantos ejemplares para asegurar que la raza no pueda desaparecer en un futuro próximo. Además, entre los animales que se dispone muchos prodecen de los mismos projenitores (mismo semental) por lo que a menudo se dan problemas de consanguinidad, por lo que se podría decir que no es una población pura.

En la actualidad, según los datos del último censo (31-12-2015), hay 212 explotaciones con animales de raza Burguete en Navarra, que cuentan con 3.030 hembras reproductoras y 334 sementales. El censo total de animales según el libro genealógico asciende a 5.693 cabezas, de los cuales 4.606 hembras y 1.087 machos. (MAGRAMA, diciembre 2016). (Figura 5).

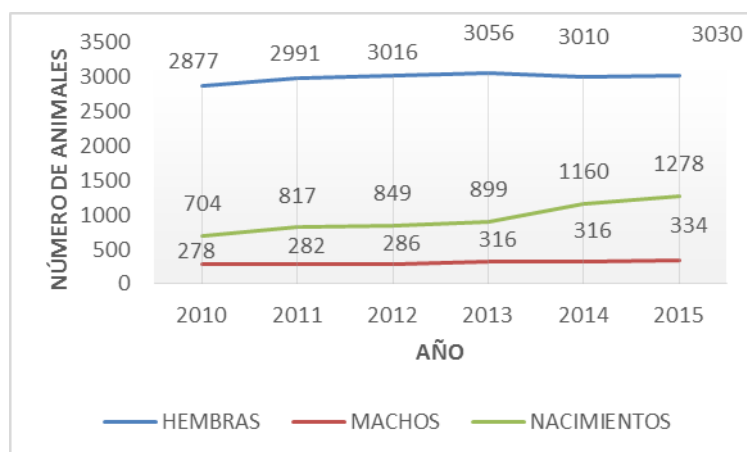


FIGURA 5. Censo de los animales registrados en libro genealógico entre los años 2010-2015. **FUENTE** (Fuente propia).

Al ser una raza rústica, fuerte y bien adaptada a las zonas de montaña son animales que viven en semilibertad y que aprovechan los pastos de montaña y praderas. Es habitual que con las nevadas de invierno se recogen en cuadras donde son suplementados con heno de pradera o cereal.

Características de la raza Burguete:

Las principales características que se establecieron dentro de la raza Burguete fueron las siguientes:

- Apariencia general: Debe ser un animal vivaz, armónico, proporcionado y de buen desarrollo y conformación. Su desarrollo es relativamente precoz alcanzando la plenitud a los tres o cuatro años.
- Piel, pelo y músculos: Capas alazana y castaña en todas sus variedades. La lengua y las mucosas internas deben ser de color rosado.
- Cabeza y cuello: Cabeza pequeña respecto al conjunto. Perfil recto-subcóncavo, con ligera convexidad a la altura de la región nasal. Tienen una frente amplia y orejas de talla media o pequeñas, móviles y cubiertas por dentro con pelo fino. Ojos de expresión viva, ollares amplios y dilatados y un cuello de longitud media musculado.
- Pecho, espalda y tórax: Pecho ancho, musculoso e incluso partido. Posee una espalda bien desarrollada que está sólidamente unida al tronco. Tórax profundo y con costillares redondeados.
- Cruz, dorso y lomos: La cruz es armónica y está bien unida al cuello. El dorso y los lomos son musculosos.
- Grupa y cola: Grupa ancha, larga y doble. El nacimiento de la cola es de altura media, muy poblada y larga, llegando hasta la cuartilla.
- Órganos genitales: Testículos normalmente desarrollados, bien descendidos y de correcta conformación anatómica
- Ubres: Ubres bien formadas, de correcta inserción, con pezones bien desarrollados y correctamente implantados, de color oscuro y sin pilosidad.
- Muslos, nalgas, aplomos y extremidades: Muslos y nalgas muy desarrollados. Extremidades de longitud media y proporcionadas, robustas, potentes y con articulaciones marcadas. La cuartilla de escasa longitud. Presencia de espolones y cerneas con pelos abundantes. Aplomos correctos, cascos duros y de suelas anchas.

Los principales datos productivos de la raza Burguete son los siguientes: (Tabla 2 y Tabla 3).

TABLA 2. Principales datos productivos de la raza Burguete. **FUENTE:** (MAGRAMA, diciembre 2016).

REPRODUCCIÓN	
Edad Madurez hembras (meses)	24
Edad Madurez machos (meses)	24
Edad Media reproductores hembras (meses)	120
Edad Media reproductores machos (meses)	144
Edad media al primer parto (meses)	48
Duración gestación (meses)	11
Intervalo entre partos (días)	345
Número de partos al año	1
Prolificidad	1
Estacionalidad	3

TABLA 3. Principales datos cárnicos de la raza Burguete. **FUENTE:** (MAGRAMA, diciembre 2016).

PRODUCCIÓN CÁRNICA	
Ganancia media diaria (media; gr/día)	1.000
Edad al sacrificio (media, meses)	15
Peso canal (media, kg)	275
% Rendimiento canal	60

• Caballo Gallego de Monte:

El Caballo Gallego de Monte (Figura 6) constituye una población mestiza, fruto de los cruces entre la raza original (Pura Raza Galega) y razas foráneas. El objetivo de los cruces era incrementar la corpulencia del conocido como ‘poni gallego’. Aun así, la población actual se puede seguir considerando como de tipo medio-pequeño, siendo lo más frecuente que los ejemplares no superen los 400 kg de peso vivo (PV).



FIGURA 6. Yegua de Caballo Gallego de Monte con su potro

Los orígenes del Caballo Gallego de Monte se remontan a la prehistoria. Tradicionalmente se ha explotado en régimen extensivo en los montes gallegos, orientado a la obtención de ejemplares de montura y trabajo y a una escasa producción cárnica. Al igual que ocurre con otras razas equinas (Burguete) se han dejado de obtener ejemplares de montura y trabajo, debido a la mecanización y aparición de nuevos medios de transporte, por lo que los censos se han visto reducidos considerablemente.

Además, el problema se ha visto incrementando a medida que los ganaderos han ido introduciendo sementales de otras razas cárnica de mayor porte, ya que El Caballo Gallego de Monte no se caracteriza precisamente por su aptitud cárnica, es por este motivo por lo que en general los ganaderos recurren al cruce con caballos de peso medio, para obtener así productos orientados hacia la producción cárnica (Pose et al., 2001).

La distribución del Caballo de Monte es en todo el territorio gallego, centrándose más en las poblaciones de las provincias de Pontevedra (A Grova, Morgad.ns, Sabucedo...) y Lugo (Xistral, Tremoal, Cordal de Neda, Toxosos, Os Buios, A Ga.idoira, Cova da Serpe...). La población equina actual en Galicia ocupa terrenos de monte marginales, de difícil acceso, normalmente con pasto de matorral y, a menudo, en régimen de libertad. Es una raza extremadamente rústica, adaptable a condiciones meteorológicas muy adversas. No necesita una alimentación especial siendo capaz de mantenerse y reproducirse únicamente con malezas y arbustos del género *ulex*. (Figura 7).



FIGURA 7. *Ulex europaeus*. Especie de planta importante en la dieta de los caballos que pastan en las sierras de Galicia.

En escasas ocasiones los ganaderos acuden a controlar a los animales, puede ser que proporcionen cierta cantidad de alimento, puramente simbólico para crear un vínculo con los propietarios. Periódicamente, 2 o 3 veces anuales los caballos se hacen pasar por mangas para su correcto manejo, identificación de potros, desparasitación y venta.

Esta raza tiene un gran papel medio ambiental como elemento contra incendios (zona muy castigada por los incendios) y soporte alimenticio de grandes depredadores como el lobo, estando muchas de las ganaderías en espacios protegidos de la Red Natura 2000 (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, noviembre 2016).

En la actualidad, según los datos del último censo (31-12-2014), hay 314 explotaciones con animales de raza Caballo Gallego de Monte, que cuentan con 1.345 hembras reproductoras y 249 sementales. El censo total de animales según el libro

genealógico asciende a 1.706 cabezas, de los cuales 1.385 hembras y 321 machos (MAGRAMA, noviembre 2016).

Características Caballo Gallego de Monte:

El prototipo al que deben de responder los ejemplares de Caballo de Monte Gallego es el siguiente:

- Aspecto general: Animales de perfil recto o subcóncavo, elipométricos y de proporciones sublongilíneas con una altura de 130 centímetros. Presentan un temperamento dócil, tranquilo, valiente e inteligente
- Cabeza: Cabeza proporcionada, con frente ancha y plana, generalmente presenta abundante tupé. Orejas pequeñas y pilosas. Órbitas oculares salientes y bien marcadas. Ojos grandes, vivos y expresivos. Melena suelta de pelos fuertes y gruesos.
- Tronco: El cuello es proporcionado, con buena conformación y abundantes crines. La grupa es simple y algo inclinada. El nacimiento de la cola es medio. El vientre o abdomen es redondeado.
- Extremidades: Extremidades finas, cortas y fuertes. Articulaciones poderosas y duras. Cañas cortas. Casco oscuro, tendiendo a negro, de conformación redonda, pequeño y duro.
- Capa: Negra o castaña, con una melena suelta de pelos fuertes y gruesos

Los principales datos productivos de la raza Caballo Gallego de Monte son: (Tabla 4).

TABLA 4. Principales datos productivos de la raza Caballo Gallego de Monte.
FUENTE (MAGRAMA, diciembre 2016).

REPRODUCCIÓN	
Edad Madurez hembras (meses)	36
Edad Madurez machos (meses)	36
Edad Media reproductores hembras (meses)	84
Edad Media reproductores machos (meses)	72
Edad media al primer parto (meses)	48
Duración gestación (meses)	11
Intervalo entre partos (días)	345
Número de partos al año	0.9
Prolificidad	1
Estacionalidad	Febrero-Junio

1.1.3. Sistema de producción

Dentro de los sistemas de producción caballar se pueden diferenciar los sistemas extensivos (nacimiento y crecimiento de los potros) e intensivos (cebo).

Los sistemas extensivos predominan principalmente en las zonas de montaña de la mitad norte peninsular. Las yeguas y los caballos se alimentan a partir del aprovechamiento de los recursos naturales, a menudo escasos, por lo que se les proporciona una alimentación suplementaria cuando es necesario (MAGRAMA, 2002).

Las explotaciones de producción extensiva suelen tratarse de ganaderías con un número pequeño de animales, con pocas instalaciones escasa o nula mecanización.

En cuanto al manejo de las yeguas es de carácter sencillo, ya que estas pasan todo el año o la mayor parte de él al aire libre (son pocas las instalaciones que estabulan en invierno). Durante los meses de verano los animales aprovechan los pastos de altura. En invierno son recogidos y trasladados a zonas de pasto más bajos y más próximos a los pueblos. Durante estos meses es habitual que reciban algún tipo de suplementación en base a forrajes en el caso de las zonas del País Vasco y Comunidad Foral de Navarra. En las zonas de Galicia, Asturias y Cantabria los animales se alimentan exclusivamente de los recursos que encuentran en sus hábitats (MAGRAMA, 2002).

En la mayoría de los casos las explotaciones disponen de un semental cuya función es la de cubrir las yeguas mediante la monta natural. La época de partos coincide con la primavera (marzo-abril) y los potros suelen acompañar a sus madres a los pastos de altura durante la primavera-verano. A principio de otoño (octubre) los animales bajan de la montaña y los potros lechales son destetados con 6-7 meses de vida para su posterior venta, ya sea como animales para vida (reproducción y trabajo) o engorde y sacrificio (Sarriés & Beriain, 2004).

Generalmente la reposición se deja en la misma explotación. Las futuras reproductoras se suelen apartar del resto de la manada y se les aporta un mayor nivel de alimentación. Lo más común es que a los 3 años de edad se da la primera cubrición. La vida útil de las yeguas es muy longeva, llegando a ser productivas hasta 20 años.

1.1.3.1. Alimentación de los potros en el periodo de cebo

Tras el destete de los potros a los 6-8 meses de edad y una fase de adaptación a la fase de cebo de 20-30 días, da comienzo la fase de cebo. Durante la estancia de los animales en los cebaderos se les puede alimentar en base a diferentes tipos de concentrados en función de la composición y aportes nutritivos que estos aportan. En este sentido, la dieta de las raciones de los animales es de gran importancia ya que va a influir directamente sobre el perfil aromático de los ácidos grasos (AG) de la carne y a su vez en el perfil aromático de la misma. Según el estudio realizado por Franco, Crecente, Vázquez, Gómez & Lorenzo (2013), en la fase de acabado a mayores cantidades de concentrado se incrementó cuatro veces la grasa intramuscular y se mejoraron las características sensoriales y jugosidad de la carne de potro. Sin embargo, en los potros acabados con menor aporte de alimento provocó mayores contenidos de ácido linolénico (Franco et al., 2013).

El periodo de cebo tiene una duración de 32 semanas (8 meses) como término medio. Durante el primer mes del cebo los potros son alimentados de 3 kg/animal/día de avena y paja *ad-libitum*. En el segundo mes la cantidad de alimento se incrementa a 5 kg/animal/día al mismo tiempo que la composición de la dieta varía, disminuyendo la cantidad de avena y aportando concentrados. Al llegar a la octava semana los animales únicamente se alimentan de concentrados y paja *ad-libitum*. Durante las 24 semanas (6 meses) restantes del cebo los animales siguen alimentándose de concentrados y paja *ad-libitum*, pero la cantidad de alimento aportada aumenta a 7-8kg/animal/día.

La avena (Tabla 5) es un alimento que contiene un 10,5 % de proteína bruta, 13,5% de fibra bruta, 2,21% de ceniza, 3,66% de grasa, 38% de almidón, 0,4% de proteína y 0,1% de calcio. Por otro lado, el pienso convencional aportado en la dieta de los potros contiene 13,55 % de proteína bruta, 6,75% de fibra bruta, 5,17% de ceniza, 4% de grasa, 39% de almidón, 0,45% de proteína y 0,8 de calcio (Sarriés & Beriain, 2005).

TABLA 5. Composición química de los alimentos empleados en el cebo convencional de potros.
FUENTE (Sarriés & Beriain, 2005).

Dieta		Avena	Concentrado
Periodo de cebo	Periodo 1 (2 meses)		
	Semanas 1-4	100	-
	Semana 5	75	25
	Semana 6	50	25
	Semana 7	25	25
	Semana 8	-	100
	Periodo 2 (6meses)		
	Semanas 9-32	-	100
Composición			
	Materia seca %	90,39	91,52
	Cenizas %	2,21	5,17
	Proteína bruta %	10,5	15,27
	Fibra bruta %	13,5	6,75
	Grasa %	3,66	4
	Almidón %	38	42
	P %	0,4	0,45
	Ca %	0,1	0,8

Las semillas de lino (Figura 8) (*Linum usitatissimum L.*) son una gran fuente de alimento que a menudo se incorporan en la dieta del ganado, y que se caracterizan por contener un porcentaje de AG poliinsaturados como el ácido linolénico. El extracto graso de la semilla de lino es la linaza. La linaza contiene 41% de grasa, 20% de proteína, 28% de fibra dietética, 7,7% de humedad y 3,4% de ceniza.



FIGURA 8. Semillas y flor de lino (*Linum usitatissimum* L.)

El alimentar al ganado para producción de carne con una ración de alimento que contenga semillas de lino incrementa el contenido de ácido alfa-linolénico (AAL) y ácido linoleico conjugado (ALC) y disminuye la relación omega-6/omega-3. Además, se ha demostrado que ofrece a los consumidores alimentos de valor agregado con calidades sensoriales aceptables (Morris & Evans, 2015). (Tabla 6)

TABLA 6. Principales ácidos grasos (Saturados, monosaturados y poliinsaturados) de la semilla de lino. FUENTE (Bakaikoa, 2011).

Ácidos grasos		
Saturados (7%)	Monoinsaturados (20%)	Poliinsaturados (73%)
Palmítico (C16:0)	Oleico (C18:1 ω 9)	Linoleico (C18:2 ω 6)
Esteárico (C18:0)		Linolénico (C18:3 ω 3)
Mirístico (C 14:0)		Araquidómico (C20:4 ω 6)

Son varias las formas de aportar lino a las raciones animales, ya sea como semillas enteras, molidas, aceite de lino y aplastadas.

La cantidad de aporte alimenticio en la fase de acabado también tiene su importancia de cara a la obtención de un buen producto. Se sabe que en la fase de acabado a mayor nivel de concentrados se da una mayor ganancia de peso vivo, afectando así al estado de engrasamiento y composición química del musculo (Canales & Oyagüa, 2015).

1.1.3.2. Comercialización de los potros cebados

Los potros destinados para el consumo humano se llevan a los cebaderos, donde se da el cebo intensivo de los animales en base a concentrados. En España la mayor parte de los cebaderos se encuentran en las mismas zonas geográficas donde mayor consumo de la carne de caballo se da. Entre ellas destacan la Comunidad Valenciana y Cataluña (Fábregas, 2002).

A los 6-7 meses de edad entran los animales recién destetados al cebadero, como norma general se encuentran en estabulación libre y distribuidos en función de la edad, sexo y tamaño.

De cara a la hora del sacrificio se pueden diferenciar dos sistemas. Por un lado, los potros lechales que tras el destete son cebados durante 7-8 meses alcanzando un peso medio vivo de 500 kg. El sacrificio se realiza cuando los animales alcanzan los 16-17 meses de edad (Sarriés & Beriain, 2004). Por otro lado, a diferencia de los potros

lechales, los potros quincenos permanecen varios meses más pastoreando en las praderas, por lo que entran al cebadero con un mayor desarrollo (12-16 meses de edad), y es allí donde, gracias al crecimiento compensatorio, alcanzan conformaciones óptimas para ser sacrificados en menor tiempo. Este plazo oscila entre 2 y 3 meses. El peso medio de sacrificio oscila los 570 kg (Villanueva, Pérez de Muniain & Eguinoa, 2009).

1.1.4. Características de la carne de potro

Las canales obtenidas del ganado equino pueden tipificarse para el público consumidor, según el tipo de carne que darán. Por un lado, está la carne de potro, son las canales de lechales, animales jóvenes de carne rosada con grasa de color crema, mientras que la carne roja con grasa de color amarilla proviene de caballos de mayor edad (Fábregas, 2002).

Tal y como se puede ver en la Tabla 7 el elemento que más abunda en la composición química de la carne de potro es el agua, con alrededor de un 75%. El segundo elemento que más abundante es la proteína con un 23%, seguido de un bajo contenido de grasa con 2% y de carbohidratos con 1% (Rossier, 1998).

TABLA 7. Composición química media de la carne de potro (g/100 g de carne). FUENTE (Rossier, 1998)

Composición (g/100g de carne)	Valor medio
Agua (g)	75
Proteína (g)	23
Lípidos (g)	2
Carbohidratos (g)	1
Energía kJ	462-504

La carne de potro se considera una de las más magras y de mayor contenido proteico. (Sarriés et al., 2014). Estas proteínas contienen un número importante de aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas que son usados en nuestro organismo para crear nuevas proteínas, responsables de construir tejidos, como los de masa muscular, y regular los fluidos del organismo entre otras funciones. Los aminoácidos esenciales más comunes en la carne de potro son la lisina, leucina, arginina, valina, isoleucina, treonina, histidina, fenilalanina y metionina (Lorenzo & Pateiro, 2013).

Los hidratos de carbono representan alrededor de 1%, siendo característico el elevado contenido de glucógeno (1,77 g/100g) que aparece en la carne de potro. (Sarriés & Beriain, 2004). Si se mantiene en la boca una cantidad pequeña de carne se puede apreciar el sabor dulzón que le caracteriza, fruto de la gran capacidad de respuesta del músculo de los equinos para el ejercicio rápido. El potro al tener grandes reservas de glucógeno disponibles (ayudan al transporte del oxígeno al músculo) que le sirven para los movimientos intensos y cortos como pueden ser los saltos o las coces. (Sarriés & Beriain, 2004).

Posee un gran valor nutritivo con un bajo contenido en grasas (< 5.5%) (Sarriés & Beriain, 2005) y moderado aporte calórico. Estudios recientes sobre ácidos grasos mayoritarios presentes en la grasa intramuscular de la carne de potro medidos en el músculo Longissimus dorsi muestran como predomina el ácido palmítico con 29.06%,

oleico con 21.98%, linoleico con 16.97% y esteárico con 7.47% (Sarriés & Beriain, 2004).

El contenido graso es parecido al de la carne de ave, es por lo que este tipo de carne se recomienda a personas con colesterol y sobrepeso (Sarriés et al., 2014). En cuanto al contenido de colesterol la carne de potro presenta una media de 61 mg/100 g (Lorenzo & Pateiro, 2013).

En comparación con la carne de cordero, vacuno o cerdo la carne de potro tiene altos niveles de hierro, magnesio y cobre, sin embargo, los niveles de zinc y sodio son bajos (Tabla 8). Una característica importante de la carne de potro es que tiene tres veces más hierro que la carne de vacuno (de 4 a 5 mg por cada 100 gramos de carne fresca). Además, es un hierro de alto contenido de absorción (hasta del 20% o más) lo que unido a la alta digestibilidad de sus proteínas, ha hecho que durante mucho tiempo se percibiera carne de potro en el tratamiento de anemias nutricionales (Sarriés et al., 2014).

TABLA 8. Principales nutrientes en la carne de potro.

Nutriente	Cantidad	Nutriente	Cantidad
Aluminio	0 ug.	Fósforo	216 mg.
Azufre	0 mg.	Hierro	4,8 mg.
Bromo	0 ug.	Yodo	5 mg.
Calcio	9,20 mg.	Magnesio	26 mg.
Zinc	4,90 mg.	Manganeso	0,02 mg.
Cloro	9 mg.	Níquel	0 ug.
Cobalto	0 ug.	Potasio	377 mg.
Cobre	0,21 ug.	Selenio	3 ug.
Cromo	1 ug.	Sodio	44 mg.
Flúor	0 ug.		

En lo que respecta a la calidad organoléptica de la carne, el caballo es quizás la especie de consumo menos estudiada, siendo su referencia comparativa la carne de vacuno a la que se parece, pero que no tiene su olor y dulzor característico (Fábregas, 2002).

Para las características organolépticas, los criterios más importantes para el público en el momento del consumo y compra son la terneza, el olor y el color. La carne de potro se caracteriza por su terneza, y es considerada la más tierna de las carnes de consumo. El color de la carne es rojo oscuro debido al alto contenido en mioglobina. Sin embargo, esta carne solo es aceptada por los consumidores a tiempos no más largos de 3 días de conservación (Figura 9) debido a la aparición de colores marrones originados por la rápida oxidación de la carne. Como en la mayoría de especies, el contenido en pigmentos (hierro) aumenta con la edad, permitiendo diferenciar perfectamente la carne de potro de la de caballo (Sarriés et al., 2014). En cuanto al olor, a medida que aumenta el tiempo de exposición de la carne al aire en refrigeración, aumenta la intensidad del olor de la carne (Sarriés et al., 2014).

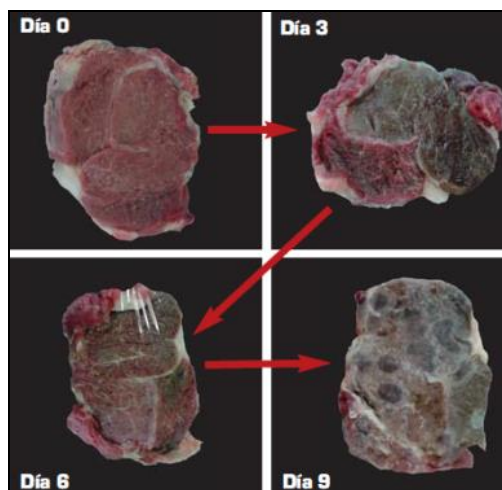


FIGURA 9. Resultado visual de la evolución de la carne de potro a lo largo de los días.
FUENTE (Sarriés et al., 2014).

Tal y como se ha mencionado anteriormente la carne de potro es una carne con muy baja persistencia, baja durabilidad y que se degrada muy rápidamente, alcanzando un punto de maduración suficiente a los 4-5 días *post-mortem*. Desde un punto de vista higiénico-sanitario y por su elevado contenido en glucógeno, ácido láctico y nitrógeno no proteico, su periodo de vida útil es inferior a la de carne de vacuno (Sarriés & Beriain, 2004).

1.1.4.1. Factores productivos que afectan a la calidad

Para la obtención de un óptimo flavor de la carne es imprescindible considerar todos los eslabones que intervienen en la producción de la carne, ya sean aspectos productivos o tecnológicos.

El flavor es una propiedad influenciada por muchos factores ya que, como se ha visto, depende de los compuestos volátiles que se forman y estos a su vez de factores tan diversos como la alimentación, la raza o el tiempo de maduración de la carne. Otro factor importante del que dependen los compuestos volátiles responsables del flavor es el estado de la carne, es decir, si esta cruda o cocinada, debido a que la carne cruda tiene poco flavor y durante la cocción se desarrollan los sabores característicos de la carne.

Entre los factores productivos, el manejo de los animales (alimentación, sistema de explotación y medio ambiente) junto con los factores biológicos (raza, edad de sacrificio y sexo) juegan un papel imprescindible de cara a la obtención de un producto de calidad que agrade al consumidor.

En los caballos al igual que la mayoría de especies criadas en la producción animal, la raza es un factor muy importante que afecta a muchas características productivas de los animales y también a la calidad final de la carne (Lanza, Landi, Scerra, Galofaro & Pennisi, 2009).

Las diferencias en el sexo de los potros no están bien definidas. Tanto las hembras como los machos alcanzan un peso vivo medio de 504.8 kg y un rendimiento canal del 70% (Robelin, Bocard, Rosset, Jussiaux & Trillaud-Geyl, 1984). Además, tampoco se han encontrado diferencias significativas debidas al sexo en el crecimiento relativo de

los diferentes tejidos o áreas musculares (Rosset, Boccard, Jussiaux, Robelin & Trillaud-Greyl, 1983) ni en los contenidos de humedad, proteína, cenizas o contenidos de hierro de la carne (Segato, Cozzi & Andrighetto, 1999). Posiblemente se debe a que los animales son sacrificados a edades tempranas y las hormonas sexuales todavía no influyen sobre la composición ni flavor de la carne (Franco et al., 2011). (Tabla 9)

TABLA 9. Efecto de la edad (9 meses vs 12 meses) y el sexo en la calidad de los filetes de carne de potro. **FUENTE** (Sarriés & Beriain, 2005).

	Sexo		Edad de sacrificio (Meses)	
	Machos	Hembras	9	12
Composición química %				
pH	5,64	5,59	5,66	5,62
Agua	75,67	75,76	75,43	75,93
Proteína	20,34	20,62	20,31	20,44
Grasa	0,24	0,21	0,31	0,16
Colágeno	1	1,07	1,1	1
NaCl	0,28	0,29	0,29	0,29

El efecto de la edad del animal sobre la calidad de la carne de potro aún no está claro debido a que en muchas ocasiones, el estudio del efecto edad interacciona con otros factores como la velocidad de crecimiento del animal y el nivel de alimentación (Purchas et al., 2002). Según (Franco et al., 2011) (Tabla 8) no se encuentran diferencias significativas en las canales entre animales sacrificados con 9 y 12 meses de edad.

1.1.4.2. Factores tecnológicos que afectan a la calidad

Al igual que ocurre con los factores productivos, los factores tecnológicos pueden ejercer una influencia significativa en la calidad y composición de la carne. Se ha demostrado que la calidad puede verse modificada, a veces en gran medida, al aplicar diversos tratamientos *post mortem* como el enfriamiento, maduración, envasado o congelación.

· Maduración:

El tiempo de maduración de la carne es fundamental para la adquisición de un grado de ternura adecuado debido al ablandamiento de la carne, que se atribuye a una degradación progresiva y selectiva de la estructura de las miofibrillas a causa de la acción de enzimas proteolíticos endógenos. Además, a lo largo de la maduración ocurren fenómenos oxidativos que afectan a lípidos y proteínas y provocan cambios en el color de la carne que contribuyen de forma positiva en el desarrollo adecuado de su flavor característico (Plaza, 2011).

Durante la maduración se producen diversos cambios positivos sobre las características de la carne siempre y cuando se lleven hasta un punto óptimo (Oliván, Sierra & García, 2013):

- Disminución de la dureza de la carne, la carne se vuelve más tierna.
- Incremento del aroma, el olor y el sabor característicos de la carne.
- Incremento de la jugosidad de la carne.

En estudios realizados (Sarriés et al., 2014) se observa como a diferentes tiempos de conservación (T0, T3, T6 y T9) factores como el color, olor y la valoración global de la carne crecen exponencialmente desde el día 0 hasta 9 de conservación. El color sensorial de la carne de potro no se acepta a tiempos más largos de tres días debido a que si sobrepasan los días de exposición al aire en refrigeración la carne es sensorialmente rechazada debido a la aparición de colores marrones originados por la oxidación de la carne. A medida que aumenta el tiempo de exposición de la carne al aire en refrigeración, aumenta la intensidad del olor, llegando a provocar un rechazo sensorial absoluto antes de llegar al sexto día por los consumidores. En cuanto a la valoración global lleva la misma tendencia que el olor y color sensorial.

· Envasado:

La oxidación proteica puede controlarse de forma directa a la carne mediante estrategias de envasado. El envase a vacío resulta efectivo para proteger las proteínas cárnicas del daño oxidativo, ya que la oxidación proteica aumenta a medida que aumenta el nivel de oxígeno (Figueras et al., 2010).

· Cocinado:

La carne cruda tiene poco flavor, sin embargo, es una fuente de compuestos que sirven como precursores del flavor y el aroma. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor. El flavor de la carne, que se desarrolla cuando se aplica calor, depende de las cantidades y proporciones de los compuestos precursores presentes, es decir, proteínas, lípidos e hidratos de carbono juegan papeles imprescindibles en el desarrollo ya que incluyen numerosos compuestos importantes que son capaces de convertirse en precursores del flavor cuando se calientan (Mottram, 1998).

Según (Domínguez, Gómez, Fonseca & Lorenzo, 2014) el tiempo y tipo de cocinado (horneado, microondas, frito y asado) las cantidades de compuestos volátiles varían, siendo la carne asada (método con temperaturas más altas) el método con el que más cantidad de compuestos volátiles aparecen. Los aldehídos son la principal familia que aparece, representando entre 53-65% de los compuestos volátiles frente a un 2,5% que aparecen en carne cruda. Los aldehídos son claros precursores de aromas, siendo el hexanal el compuesto más frecuente 82-97%. Por otro lado, los diferentes métodos de cocinado tienden a reducir la cantidad de esteres y cetonas que se daban en la carne cruda.

1.2. Compuestos volátiles

1.2.1. Compuestos volátiles de la carne

El flavor de un alimento corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas provocadas en el momento de su consumo. Es importante insistir sobre el hecho de que el término flavor engloba el olor del alimento, ligado a la existencia de compuestos volátiles y el sabor que tiene su origen en algunas sustancias solubles. El flavor se percibe por lo tanto en el momento del consumo (Figura 10), desarrollándose ya desde antes de la introducción del alimento en la boca, durante la masticación y durante y después de la deglución, se influye mutuamente con las demás características organolépticas, especialmente con la jugosidad y la textura-dureza, determinando al final entre todos ellos la aceptabilidad sensorial por el consumidor. El flavor como particularidad, y aunque se puede analizar por métodos químicos y físico-químicos más o menos complejos, tiene una deficiente interpretación instrumental, por lo que es obligada la utilización del análisis sensorial. Estas sustancias volátiles responsables del aroma son detectadas en los receptores olfatorios a su paso por la parte final de la nariz (Sañudo, 1993).

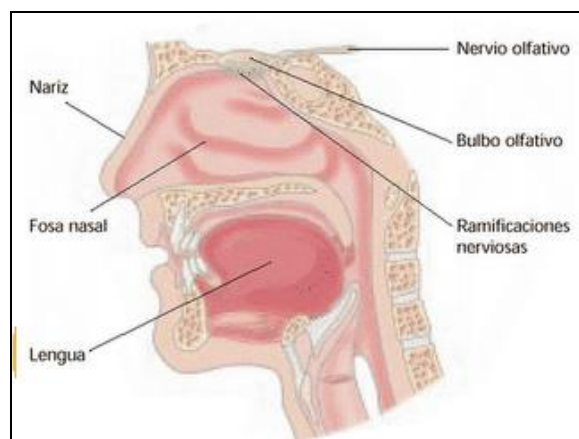


FIGURA 10. Receptores olfatorios.

La formación de los compuestos volátiles en carne viene principalmente de reacciones de oxidación lipídica. Otra vía de formación son las reacciones de Maillard (Koutsidis et al. 2008) que tienen lugar fundamentalmente con los incrementos de temperatura durante el cocinado de la carne dando lugar a compuesto como nitrógenos heterocíclicos, compuestos de azufre, compuestos no heterocíclicos, compuestos alifáticos y furanos disulfuros.

Los compuestos volátiles derivados de los lípidos comprenden aldehídos alifáticos, alcoholes, hidrocarburos, cetonas y los alquilofuranos. Todos estos volátiles se forman por oxidación térmica de las cadenas de ácidos grasos de los triglicéridos y los fosfolípidos (Elmore et al. 1999).

1.2.2. Compuestos volátiles de la carne de potro

Hasta la fecha existen pocos trabajos que hayan demostrado la cuantificación de los compuestos volátiles en carne de potro. En el estudio realizado por (Lorenzo & Domínguez, 2014) fueron usados 14 potros fruto del cruce entre Caballo Gallego de Monte x Hispano Bretón. Los animales fueron destetados a los 6-8 meses de edad, para su posterior sacrificio a los 14 meses tras un periodo de cebo durante 4 meses con aportaciones de 1,5 kg/día de pienso convencional. Tras el sacrificio, las muestras

fueron enfriadas a 4 °C en una cámara frigorífica durante 24 horas. Una vez realizado el análisis de la carne cruda en el laboratorio, se detectaron las siguientes familias de compuestos volátiles: Esteres, hidrocarburos aromáticos, aldehídos alifáticos, alcoholes, hidrocarburos cíclicos, furanos, ácidos y cetonas fueron las principales familias detectadas. Tal y como se puede ver en la Figura 11 hay tres familias que destacan en presencia numérica. Entre estas familias de compuestos destacan los esterers con 78,90%, seguido de los hidrocarburos aromáticos con 5,20% y por último en tercer lugar los aldehídos alifáticos con 4,10%.

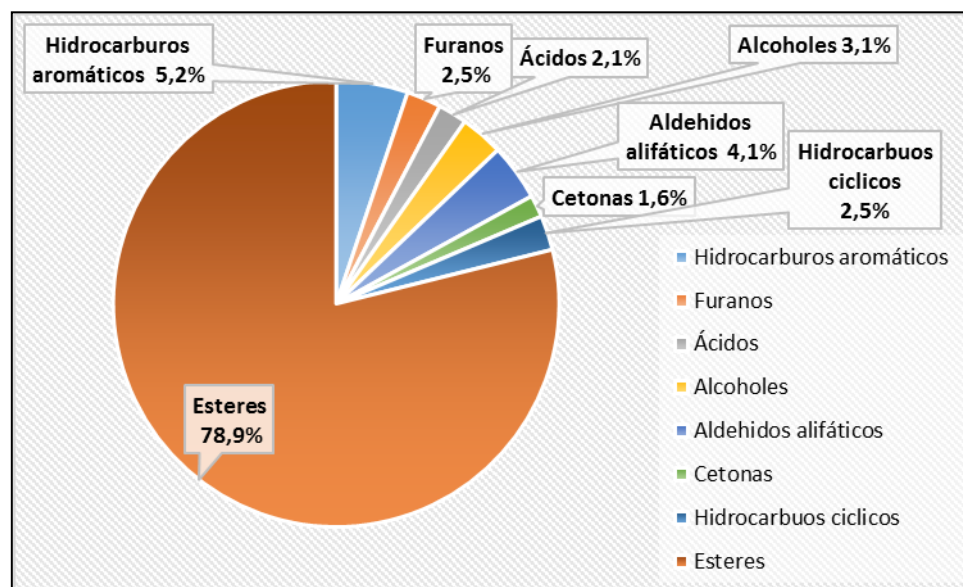


FIGURA 11. Porcentaje del número de compuestos volátiles de acuerdo a su naturaleza química detectados en muestras de carne cruda del músculo Longissimus dorsi en potro. **FUENTE** (Lorenzo & Domínguez, 2014).

Por otro lado, de acuerdo con el estudio realizado por (Domínguez et al., 2014) 12 potros de la raza Caballo Gallego de Monte fueron criados con sus madres en un extenso sistema de producción basado en pasto, donde en épocas de escasez de alimento recibían ensilaje de hierba complementario *ad-libitum*, pero nunca se les aportó ningún tipo de concentrado. Los animales fueron sacrificados a los 15 meses de edad y tras el sacrificio las muestras fueron enfriadas a 4 °C en una cámara frigorífica durante 24 horas. Una vez realizada la metodología para la detección de los compuestos volátiles, las principales familias de compuestos volátiles detectadas fueron las siguientes: Esteres, alcanos lineales, hidrocarburos aromáticos, cetonas, aldehídos alifáticos, furanos, y alcoholes (Figura 12). Entre estas familias de compuestos destaca la abundancia de los esterers con 39,86%, seguido de los alcanos lineales con 28,58% y por último y en tercer lugar los hidrocarburos aromáticos con 15,83%.

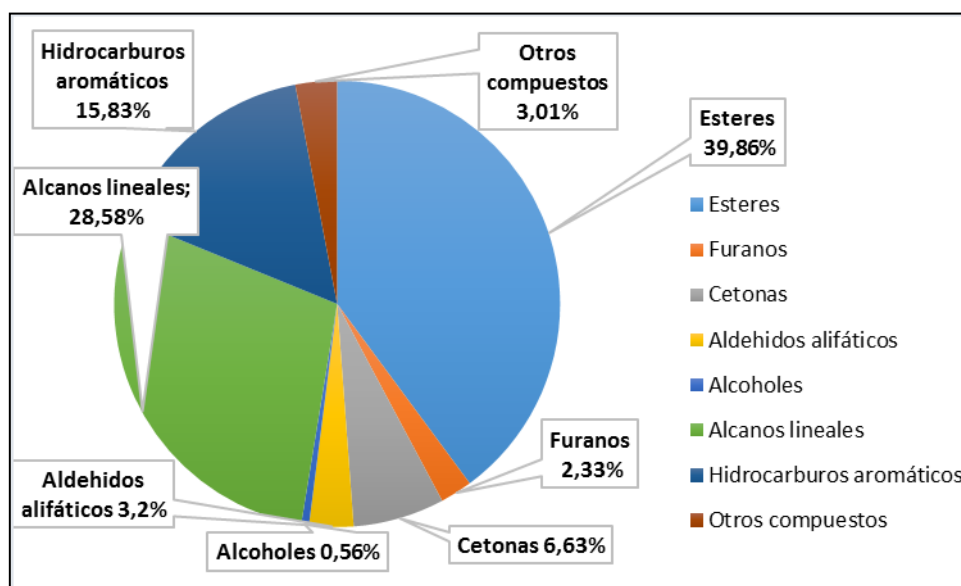


FIGURA 12. Porcentaje del número de compuestos volátiles de acuerdo a su naturaleza química detectados en muestras de carne cruda del músculo Longissimus dorsi en potro. **FUENTE** (Domínguez et al., 2014).

A continuación, se mencionan las familias y compuestos más habituales en carne cruda de potro y algunas de sus particularidades según el estudio llevado a cabo por (Lorenzo & Domínguez, 2014).

· Hidrocarburos alifáticos:

Esta familia se origina a partir de la oxidación lipídica. Los hidrocarburos alifáticos son compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrogeno cuya contribución al flavor de la carne no es significativa, aunque su presencia sea elevada. Entre los principales hidrocarburos alifáticos encontrados en carne de potro se encuentran dodecano, trideceno, tetradecano, undecano, octano, 2-octano y nonano entre otros.

· Aldehídos:

Esta familia es producto mayoritario de la degradación lipídica, además parece que está asociada al flavor característico de cada especie animal. En carne de potro se han encontrado aldehídos como el heptanal y hexanal. El hexanal es uno de los principales compuestos fruto de la oxidación lipídica

· Alcoholes:

Familia producto de la oxidación lipídica de los ácidos grasos. En carne de potro se han encontrado alcoholes como 1-hexanol y 1-octen-3-ol.

· Esteres:

Se denomina esterificación al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol. Entre los principales compuestos en carne de potro se encuentran el butanoato de metilo, pentanoato de metilo, hexanoato de metilo, octanoato de metilo y decanoato de metilo entre otros.

· Furanos:

El furano es un compuesto orgánico heterocíclico aromático de cinco miembros con un átomo de oxígeno. Tienen propiedades aromáticas que no son muy apreciadas por los catadores, presentando notas a éter, dulce y caramelo. En vacuno el 2-pentilfurano es

un furano característico. Sin embargo, en carne de potro hasta el momento no se han detectado furanos.

· Hidrocarburos alicíclicos:

Dentro de esta familia en carne de potro se pueden encontrar compuestos como el tolueno, o-Xileno o p-Xileno.

· Ácidos:

Los principales ácidos en carne de potro son el ácido octanoico y el ácido noanoico.

· Cetonas:

Las cetonas tienen su origen en los procesos de degradación/oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y de degradación aminoacídica. Las propiedades de estos compuestos en relación con el aroma son bastante conocidas ya que aportan tonos frutales, florales y/o herbales a los alimentos. En carne de potro aparecen cetonas como 2-butanona, acetofenona y 2-heptanona.

1.2.3. Métodos de medición

El flavor puede medirse de dos formas: una sensorial a través de un panel entrenado y otra instrumental-química. La primera constituye una herramienta útil para caracterizar el aroma y el sabor, tal y como ocurre durante el consumo de carne (Arteta, 2013).

Mediante la segunda forma de medida se trata de cuantificar únicamente aquellos compuestos aromáticos que se aprecian al consumir la carne. Para esto es necesario que la muestra siga un proceso de tratamiento para conseguir un extracto representativo y su posterior análisis mediante cromatografía (Arteta, 2013).

A continuación, se van a describir las metodologías más empleadas actualmente para la extracción e identificación de los compuestos volátiles en carne.

· Técnica de espacio cabeza estático:

La muestra (líquida o sólida) se introduce en un vial el cual se cierra mediante un septum. El vial se calienta hasta que se establece el equilibrio entre la muestra y la fase gaseosa, a la que se denomina “espacio de cabeza” (Figura 13). La introducción de la fase gaseosa en el cromatógrafo puede hacerse manualmente tomando una cantidad conocida con una jeringa o automáticamente con un sistema dosificador electroneumático.

Esta técnica tan sólo analiza los compuestos volátiles presentes en la fase gaseosa de la muestra, por lo que la variabilidad en los resultados obtenidos es relativamente elevada. En estos momentos se emplea más la técnica de espacio de cabeza dinámico.

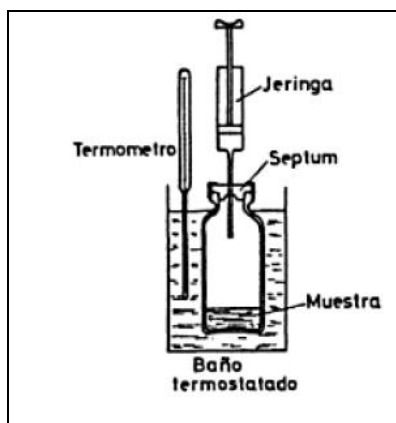


FIGURA 13. Técnica de espacio cabeza estático.

· Técnica de espacio cabeza dinámico:

En las investigaciones sobre el flavor en la carne, está muy extendido el uso del espacio de cabeza dinámico (purge-and-trap) como sistema de extracción y concentración de los volátiles de la muestra previa a su separación por cromatografía gaseosa (Ho & Manley, 1993). En este sistema, la muestra, ya sea líquida o sólida, es sometida al paso de un flujo constante de un gas inerte que arrastra los compuestos volátiles presentes en la fase vapor en equilibrio con la muestra. A continuación, la corriente de gas, junto con los compuestos volátiles arrastrados, pasa por un material adsorbente o «trampa» donde quedan retenidos y posteriormente por desorción térmica se transfieren a un cromatógrafo de gases para su separación.

Para la concentración de los compuestos volátiles de la carne antes de su inyección en el cromatógrafo se pueden utilizar distintos materiales. Entre los materiales adsorbentes que se pueden utilizar para efectuar la adsorción física de los volátiles (carbón activo, silicagel etc.) se ha elegido el Tenax por sus características de afinidad con los compuestos volátiles y su baja afinidad con las moléculas de agua, siempre presentes en el espacio de cabeza de la carne cocinada. Este material adsorbente es el más utilizado en los trabajos de investigación realizados en el campo del análisis de volátiles (Ho & Manley, 1993). Seguidamente, se realiza la desorción térmica de los compuestos retenidos en la trampa elevando su temperatura. Se debe asegurar la completa limpieza de la trampa tras cada extracción para realizar el análisis siguiente acondicionándola a unos 230°C con un flujo de helio de 40 ml/min durante un periodo entre 15 y 30 min.

Tras el proceso de extracción de los compuestos volátiles, se inyectan directamente en modo split (5:1) en un cromatógrafo de gases donde se efectúa su separación con una columna capilar HP-5 (5% metil fenil silicona, 50 m × 0,32 mm × 1,05 m) o similar, tal y como describieron Gorraiz et al. (2002) e Insausti et al. (2002, 2005).

La identificación de dichos compuestos se realiza con un espectrómetro de masas, por comparación de los espectros obtenidos con los de la biblioteca de Wiley 275, y el cálculo de sus índices de retención (Kondjoyan & Berdagué, 1996).

Respecto al tipo de compuestos detectados, su naturaleza está directamente influida por las condiciones de desorción de la trampa. Con temperaturas cercanas a 180°C se identifican 72 principalmente hidrocarburos de baja significación sensorial. Por ello, se recomiendan temperaturas de desorción entre 225-250°C para obtener un mayor

porcentaje de compuestos derivados de los lípidos y de mayor contribución sensorial en la carne.

· Extracción con fluido supercrítico (SPE):

En los últimos años se está aplicando la extracción con dióxido de carbono como fluido supercrítico para el análisis de dichos compuestos en carne de ternera (King et al., 1993). Un fluido supercrítico es un gas que se encuentra en condiciones de presión y temperatura por encima de su punto crítico. A partir de dicho punto presenta un estado en el cual no es ni gas ni líquido, sino que presenta propiedades intermedias que lo hacen muy adecuado para los procesos de extracción (Rizvi, 1994).

Para la extracción de los compuestos volátiles, se utiliza un extractor de fluido supercrítico con trampa de ODS (octadecil silicagel) y con dióxido de carbono de calidad supercrítica. Una vez cocinada y picada la carne se toma una muestra de 0,5 g y se mezcla con alúmina (1:1) para evitar que la humedad de la muestra interfiera en el proceso, introduciendo la mezcla en el vial del extractor. En el interior del vial, la muestra se coloca entre dos capas de Celite 54 como soporte inerte. Las condiciones del análisis son: temperatura de la cámara 50°C, de la trampa -5°C y del «nozzle» 45°C. La densidad y temperatura del fluido son los parámetros de mayor importancia para la extracción de volátiles (0,5 g/ml y 40°C). Los disolventes de reconstitución utilizados son acetona y hexano en proporción 2:1, recogiendo un volumen de 0,5 ml.

El análisis del extracto se realiza por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas. Se inyecta en el cromatógrafo en modo splitless en una columna HP-Innowax de polietilenglicol (60 m × 0,25 mm × 0,25 µm) o similar, utilizando helio como gas portador con una presión de 13,6 psi y un flujo de 1 ml/min. La temperatura inicial del horno es de 10°C, incrementándose a 10°C/min hasta 200°C donde se mantiene 20 min para posteriormente continuar incrementándose hasta 250°C a 10°C/min. El potencial de ionización utilizado en el espectrómetro es de 70 eV y el rango de masas de 30 a 500 uma.

La aplicación de estas dos técnicas de extracción de compuestos volátiles a la carne de ternera cocinada, espacio de cabeza dinámico y extracción con fluido supercrítico, ha dado lugar a la identificación de una serie de compuestos cuyos perfiles han presentado diferencias según la 73 técnica utilizada. Así, con la extracción con espacio de cabeza dinámico se obtiene una mayor representación de los compuestos más volátiles, aldehídos y cetonas, así como de compuestos azufrados, importantes desde el punto de vista del flavor de la carne (Huarte-Mendicoa et al., 1998).

· Olfatometría:

La Cromatografía de Gases-Olfatometría (CG-O) es la interacción entre los procedimientos sensorial e instrumental, y permite correlacionar cada compuesto químico con su descriptor olfativo (aroma) y de esta manera identificar los compuestos de mayor relevancia olfativa y cuantificar su aporte al aroma global. Es una herramienta eficaz para el análisis de los odorantes claves en los alimentos (Machiels et al. 2003).

Las herramientas necesarias para realizar estudios olfatométricos son un sistema cromatográfico dotado de un puerto olfativo y un panel de sujetos convenientemente formados y entrenados en la percepción, descripción y reconocimiento de olores. Además, se hace necesario que el conjunto de individuos emplee los mismos

descriptores ante un mismo estímulo provocado por los compuestos aromáticos a su salida del cromatógrafo.

La nariz tiene un límite de detección mucho más bajo que cualquiera de los detectores usados en GC, pudiendo detectar sustancias en concentraciones tan bajas, que sería imposible o muy difícil detectarlas con cualquier otro detector. Debido a los bajos umbrales olfativos de detección que presentan algunos compuestos volátiles, esta técnica resulta muy útil para detectar o estudiar el olor de aquellos compuestos que no pueden ser detectados con un detector analítico, o que resulta muy difícil su detección. Además, presenta la ventaja de que compuestos volátiles con índices de retención muy próximos, si presentan olores diferentes podrán ser detectados por olfatometría.

· Nariz electrónica:

El concepto de nariz electrónica se introdujo en 1982 por Persaud y Dodd que construyeron un sistema compuesto por una serie de tres sensores. Según Gardner y Bartlett (1994) una nariz electrónica es un instrumento que une una serie de sensores eléctricos y químicos con especificidad parcial y un sistema de reconocimiento apropiado, capaz de reconocer olores simples y complejos. Estos sistemas, también llamados nariz artificial, intentan simular el sistema olfativo humano que es complejo e inteligente.

Las narices electrónicas se pueden aplicar en muchos campos. En relación con la carne, este sistema se está aplicando para la valoración de la calidad sensorial, la clasificación y la determinación del grado de deterioro de la carne envasada (Haugen & Kvaal, 1998). No obstante, uno de los puntos críticos en la aplicación de este sistema es el sistema de muestreo. Éste puede presentar problemas cuando se trabaja con sólidos, como es el caso de la carne (Neely et al., 2001). Además, los métodos analíticos tradicionales, como la cromatografía de gases-espectrometría, son todavía necesarios para el estudio de las diferencias entre muestras. Así mismo, el análisis sensorial es necesario en muchos casos cuando se quiere definir la calidad de un producto, y después poner a punto el sistema de nariz electrónica (Hansen et al., 2005).

Los aparatos comerciales disponibles en el mercado pueden variar en el número de sensores/detectores en serie (14, 24, 32) de forma que cada sensor tiene cierta afinidad hacia un determinado compuesto químico o volátil. Cuando el sensor es expuesto a ese compuesto se produce un cambio en su conductividad proporcional a la cantidad de compuesto adherida a la superficie del polímero generando una señal. Dicha señal se almacena para su posterior exportación a una hoja Excel. Las fases de adsorción y desorción se pueden considerar de forma conjunta o por separado.

La señal generada por unos sensores de olor en serie se tiene que procesar de forma sofisticada. El análisis estadístico de estos datos incluye el análisis discriminante lineal, análisis de componentes principales, análisis discriminante, análisis discriminante factorial y análisis cluster (Schaller et al., 1998), partial least squares y artificial neural network o fuzzy logic (Haugen & Kvaal, 1998).

2. OBJETIVOS

En el presente trabajo, el objetivo es estudiar el perfil aromático de la carne de potro fruto del cruce entre caballos de raza Burguete x Gallego de Monte.

El objetivo específico es estudiar el efecto del tiempo de conservación en el perfil aromático de la carne de potro mantenida a vacío y a $\pm 2^{\circ}$ C de temperatura de refrigeración durante los días 0 y 12 de conservación (TC0 y TC12 respectivamente).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material animal

El experimento se ha realizado en la finca de Marco da Curra, A Coruña (Galicia-noroeste de España), situada a 650 m de altitud.

Se han empleado once potros (8 hembras y 3 machos) cruzados procedentes de la raza “Caballo Gallego de Monte” con “Burguete”, los animales se criaron en libertad en los montes de Galicia hasta los 6-7 meses de edad que fueron destetados, para su posterior cebo.

La raza Caballo de Monte es el resultado de muchos años de cruce de una raza autóctona ligera con razas más pesadas, que los agricultores gallegos han utilizado para mejorar la aptitud cárnica de esta raza.

El caballo de Burguete es autóctono de la Comunidad Foral de Navarra. Se caracteriza por su gran tamaño y una buena orientación hacia la producción cárnica (Sarriés, 2005).

Un grupo de yeguas de raza Caballo Gallego del Monte se cruzó con un semental Burguete. El apareamiento se llevó a cabo de forma natural en el campo. La mayoría de los nacimientos tuvieron lugar de abril a julio de 2015. Los animales se criaron con sus madres y se les permitió pastar libremente. Se destetaron a los 6-7 meses y después fueron alimentados en pastos en pastoreo rotativo (Figura 14); tanto en los campos sembrados como en los naturales, siendo pasto la parte principal de la dieta. La vegetación se compuso de semillas (*Lolium perenne* y *Trifolium repens*) y de campos naturales (*Agrostis* spp., *Lotus corniculatus*, *Holcus lanatus*, *Bromus mollis*, *Pseudoarrenatherum longifolium*, etc).



FIGURA 14. Potros cruzados in-vivo semanas antes del sacrificio.

El pasto se suplementó con 2 kg de pienso enriquecido al 5% de lino, por potro y día, durante 100 días antes de su sacrificio. El suministro de pienso fue incrementándose gradualmente para evitar cólicos que suelen aparecer con los cambios repentinos en la dieta, desde 300 g por potro por día hasta 2 kg. La adaptación de los potros al pienso se realizó de forma muy rápida y en tan solo diez días, cada animal consumía 2 kg de concentrado al día (Tabla 10 y Tabla 11).

TABLA 10. Composición del pienso en (%).

Composición química (%)	
Materia seca	89
Avena	46
Maíz	14.5
Cebada	13.1
Soja	10
Salvado	6
Lino extrusionado	5
Grasa	4.78
Proteína	13
Ceniza	5.44
Fibra bruta	6.6

TABLA 11. Composición de los ácidos grasos en (%).

Composición de ácidos grasos (%)	
Ácido mistérico C14:0	0.30
Ácido palmitico C16:0	14.38
Ácido palmitoleico C16:1	0.14
Ácido esteárico C18:0	2.36
Ácido oleico C18:1	33.66
Ácido linoleico C18:2	38.61
Ácido araquidónico C20:0	0.27
Ácido alfa-linolénico C18:3	8.41
Ácido behénico C22:0	0.15
Ácido lignocérico C24:0	0.17

3.2. Sacrificio de los animales

El sacrificio de los potros tuvo lugar el año 2015, entorno a los 13 meses de edad, y con un peso promedio de 370 kg. Antes del sacrificio se procede a aturdir al animal, con objeto de evitar sufrimientos innecesarios. Los animales fueron aturdidos por el método de la bala cautiva, de acuerdo con la normativa vigente de la UE (Directiva del Consejo de la Unión Europea 95/221 EC).

Tras el aturdimiento se procede a la exanguinación, para lo que se cuelga al animal y se degüella (Figura 15). Posteriormente se lava con vapor y se retiran las vísceras y la piel.



FIGURA 15. Canal izquierda 24 horas *post-mortem*

3.3. Conservación de las muestras

Tras haber pasado 24 horas *post-mortem*, se extrajo el músculo Longissimus dorsi (Figura 14) de la canal izquierda de 2.5 cm de grosor para su posterior conservación. Todas las muestras fueron envasadas a vacío 24 h *post-mortem*. Las de 0 días de se congelaron inmediatamente y las de 12 días permanecieron en una cámara refrigerada 12 días a 2°C y en ese momento también se congelaron.



FIGURA 16. Filete de 2,5 cm de grosor de Longissimus dorsi

De cada animal se obtuvo un filete (Figura 16) para cada tiempo de conservación (TC), es decir, un filete para un tiempo de conservación de 0 días (T0) y otro filete para un tiempo de conservación de 12 días (T12), los cuales se analizaron por duplicado.

3.4. Determinación de los compuestos volátiles

3.4.1. Preparación de las muestras

Las muestras que se encontraban envasadas a vacío se sacaron del arcón frigorífico 24 horas antes de su análisis, y se mantuvieron en un frigorífico a 4°C hasta su análisis. Una vez que las muestras estaban descongeladas, se procedió a la apertura del envase protector. Las muestras se analizaron crudas por lo que tras la apertura del envase se procedió al picado de la muestra y a su posterior análisis. Primeramente, se analizaron las muestras que fueron congeladas 24 horas *post-mortem* seguido de las que fueron congeladas 12 días *post-mortem*.

3.4.2. Extracción de los compuestos volátiles

Después de proceder al cortado y picado de la muestra a analizar, ésta se metió en un vial, y se insertó en un concentrador de muestra de Tekmar-Dorhmann 3100, Ohio, EEUU. Para la extracción de los compuestos volátiles, se empleó la técnica de espacio de cabeza dinámico. Para que la muestra no se enfriara, el vial era metido dentro de una camisa calefactora, manteniéndolo a una temperatura de 70°C. A continuación, la muestra era purgada durante 20 minutos con un flujo de Helio (99,99 % de pureza) de 40 mL/min para arrastrar todos los compuestos volátiles presentes en el espacio de cabeza. Los volátiles, fueron recogidos en una trampa de Tenax CG. Durante esta fase se mantuvo la temperatura de la trampa a 15°C. Después se llevó acabo la fase de desorción térmica, donde la trampa fue calentada hasta 225°C durante 2 minutos, y en donde los compuestos volátiles fueron arrastrados con helio a 40 mL/min hasta el cromatógrafo de gases.

3.4.3. Separación y cuantificación de los compuestos volátiles

Después de la extracción de los compuestos volátiles, han de ser separados y cuantificados.

Este proceso se realizó con un cromatógrafo de gases HP-6890 (Hewlett-packard, España), conectado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo HP 5973 (Hewlett-packard, España) con ionización electrónica. El inyector con división (1:5) estaba a una temperatura de 250 °C. Se utilizó una columna capilar HP-5 de 5% fenilmetilsilicona (50 m x 320 µm x 1,05 µm) y helio (pureza 99,9 %) como gas portador con una presión en cabeza de columna de 6 psi y un flujo de salida de columna de 1,5 mL/min a 35 °C. La temperatura inicial del horno se programó a 35 °C y se mantuvo durante 15 minutos, para después incrementarla a razón de 8 °C/min hasta alcanzar los 220 °C donde se mantuvo durante 5 minutos.

El cromatógrafo estaba acoplado con un espectrómetro de masas HP-5973. El voltaje de ionización, se mantuvo en 70 eV, el voltaje del multiplicador del electrón en 2000 V, la temperatura de la fuente de ión a 230 °C, y la temperatura del cuadrupolo en 180 °C. El barrido se realizó de 30 hasta 250 uma y la frecuencia del mismo fue de 3,32 scan/s. (Figura 17)

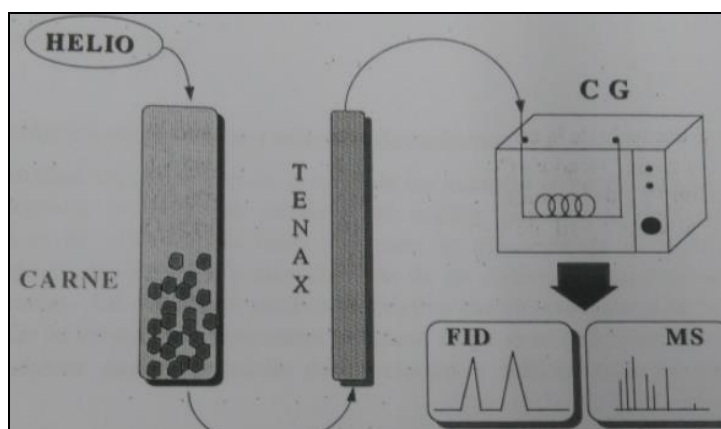


FIGURA 17. Esquema del sistema de análisis de los compuestos volátiles.
FUENTE (Beriaín, Insausti, Indurain, & Sarriés, 2005).

3.4.4. Identificación de los compuestos volátiles

Los espectros obtenidos, se compararon con los de referencia recogidas en la librería Willey 275.

La confirmación de las identificaciones se realizó calculando los índices de retención relativos (Van del Dool & Kratz, 1963) de los compuestos volátiles en relación a los tiempos de retención en una serie de parafinas (C5-C18, HP 5080-8768) que se determinaron en las mismas condiciones. Se compararon a su vez con los índices relativos de dichos compuestos hallados en la bibliografía (Kondjoyan & Berdague, 1996).

Los resultados de la cuantificación de cada compuesto detectado se presentan en cuentas de área.

3.5. Determinación de la oxidación de la grasa

La oxidación de la grasa fue determinada por el método de Tarladgis (1960). Los resultados se expresaron como mg de malonaldehído por kilogramo de carne expresado en mg MDA/kg (TBARS).

3.6. Análisis estadísticos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, se empleó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 23.

Para los compuestos volátiles se realizó un análisis de varianza de un factor donde se estudiaron los descriptivos y el error estándar de la media, y en el que se tomó el siguiente modelo para la carne madurada 0 días y 12 días.

$$Y_{ij} = m + L_i + e_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} = Parámetros medidos

m = Media de la población considerada

L_i = Efecto maduración ($i = 0$ días maduración, $i = 12$ días maduración)

e_{ij} = Efecto residual aleatorio

Para el análisis de correlaciones se aplicó el coeficiente de Pearson.

ns: no significativo cuando $p > 0,05$

significativo: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$;

- efecto no analizado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Perfil de los compuestos volátiles de la carne de potro a día 0 y 12 de conservación

En la Tabla 12 se presentan los compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza de la carne de potro a 0 y 12 días de maduración ordenados según su naturaleza química, además de mostrar el Tiempo de Retención y el índice de Retención Relativo para IDB-5, junto con las identificaciones IR (Índice de Retención) y MS (espectrofotometría de masas), la media del valor detectado de área y el porcentaje relativo de dicha área respecto a la total (PRA).

Se han identificado un total de 17 compuestos volátiles entre los dos momentos de medida (0 y 12 días). Estos compuestos pertenecen a las siguientes familias: Hidrocarburos alifáticos, aldehídos alifáticos, cetonas alifáticas, compuestos aromáticos, compuestos azufrados, alcoholes alifáticos y aminas.

Se han detectado 3 hidrocarburos alifáticos, 5 aldehídos alifáticos, 2 cetonas alifáticas, 2 alcoholes alifáticos, 2 compuestos aromáticos, 1 compuesto azufrado y 2 aminas. Los compuestos con mayor PRA han sido la 2-propanona y el etanol.

TABLA 12. Compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza dinámico en muestras del músculo *Longissimus dorsi* en carne de potro.

FAMILIAS	TR (min)	IDB5	IR	MS	ÁREA	PRA
HIDROCARBUROS ALIFATICOS						
Etano-1,1'-oxybis (4)*	4,7	511	518,20	+	2365090,8	14,25
Pentano (7)	6,3	506		+	905008,58	5,45
Metano isocianato (14)	29,2			+	382340,28	2,30
ALDEHIDOS ALIFATICOS						
Etanal (1)	3,4			+	871800,95	5,25
Nonanal (17)	32	1109	1113,32	+	73101,06	0,44
Hexanal (12)	22,1	800	804,43	+	981927,85	5,92
Heptanal (13)	26,3	902	908,99	+	345095,28	2,08
Octanal (15)	29,4	1005	1011,19	+	302878,26	1,83
CETONAS ALIFATICAS						
2-propanona (3)	4,5	503	511,32	+	6070438,24	36,59
2-butanona (8)	7,6	601	606,85	+	261568,914	1,58
COMPUESTOS AROMATICOS						
Tolueno (10)	20,4	775	778,97	+	218122	1,31
Imidazol (11)	21,6			+	81528,55	0,49
COMPUESTOS AZUFRADOS						
Metano tiobis (5)	5	524	528,52	+	90107,63	0,54
ALCOHOLES ALIFATICOS						
Etanol (2)	4			+	3087906,97	18,61
1-penteno-3-ol (9)	13,6	679	685,57	+	110187	0,66
AMINAS						
Metilamina (16)	30,2			+	248416	1,50
Propilamina (6)	6,1			+	196243,63	1,18

TR: tiempo de retención, IDB-5: índice de retención relativo, IR: identificación por el índice de retención, MS: identificación por espectrofotometría de masas, Área: media cuadrática del valor detectado de área y PRA: porcentaje relativo del área respecto al total.

* Hace referencia al orden de elución de los compuestos volátiles.

En la Tabla 13 se observan los valores de frecuencia absoluta con la que se han detectado los compuestos volátiles en carne cruda en los dos tiempos de maduración que se han estudiado.

TABLA 13. Frecuencia absoluta de aparición de los compuestos volátiles detectados en el espacio de cabeza dinámico en muestras de carne del musculo *Longissimus dorsi* en carne de potro.

FAMILIAS	0 DÍAS (n=11)	12 DÍAS (n=11)
HIDROCARBUROS ALIFATICOS		
Etano-1,1'-oxybis	1	4
Pentano	7	8
Metano isocianato	11	10
ALDEHIDOS ALIFATICOS		
Etanal	11	11
Nonanal	11	9
Hexanal	11	11
Heptanal	11	11
Octanal	11	10
CETONAS ALIFATICAS		
2-propanona	11	11
2-butanona	10	9
COMPUESTOS AROMATICOS		
Tolueno	11	9
Imidazol	4	9
COMPUESTOS AZUFRADOS		
Metano tiobis	5	8
ALCOHOLES ALIFATICOS		
Etanol	11	7
1-penteno-3-ol	6	2
AMINAS		
Metilamina	6	5
Propilamina	8	7

Se puede observar como en prácticamente todas las familias los compuestos tienen una frecuencia de aparición muy parecida entre las muestras a 0 y 12 días de maduración. Sin embargo, hay alguna excepción, ya que compuestos como el metano tiobis, imidazol y etano-11'-oxybis a medida que aumenta el tiempo de maduración aumenta la frecuencia de aparición de estos compuestos.

La familia de los hidrocarburos alifáticos es una de las familias con más compuestos detectados. Entre los tres compuestos detectados el compuesto con mayor frecuencia de aparición es el metano isocianato, con una frecuencia de aparición de prácticamente el 100%. A diferencia de estudios realizados por Domínguez et al. (2014) y Lorenzo & Domínguez (2014) el único compuesto común a todos los estudios realizados es el pentano, siendo el etano-11'-oxybis y metano isocianato la primera vez que se detectan en carne cruda de potro.

La familia de los aldehídos alifáticos es la más representativa debido tanto a su elevado número (5 compuestos) como a la frecuencia de los mismos. El hexanal es el único compuesto que aparece en las muestras crudas tanto de este estudio como en los realizados por Domínguez et al. (2014), Lorenzo et al. (2014) y Lorenzo & Domínguez (2013). Cabe decir que el heptanal también aparece en el estudio realizado por Lorenzo et al. (2014), ya que el resto de compuestos empiezan aparecer una vez las muestras son cocinadas por los diferentes métodos de cocinado. El heptanal es un compuesto que se relaciona como aromas acres y penetrantes (Heiniö et al., 2003; Nieto et al., 2011). El octanal y nonanal son compuestos que se relacionan con el olor a jabón o a cítricos, ambos provienen de la oxidación lipídica procedente de la oxidación del linoléico y del oleico “Recuperado de: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>”. Por último, el hexanal es un compuesto que se relaciona con un flavor a hierba cortada, sin embargo, a cantidades muy elevadas proporciona aromas desagradables (Ma et al., 2012).

En la familia de las cetonas tanto la 2-propanona como la 2-butanona aparecen en prácticamente todas las muestras, ya sean a 0 o 12 días de maduración. Sin embargo, en los estudios llevados a cabo por Domínguez et al. (2014) y Lorenzo et al. (2014) en carne cruda solo está presente el 2-butanona. Este compuesto se relaciona positivamente con un flavor agrio (Domínguez et al., 2014).

De la familia de los compuestos aromáticos aparecen el tolueno y el imidazol. A diferencia del tolueno que a los 12 días su frecuencia de aparición disminuye, en el caso del imidazol ocurre a la inversa, es decir, a los 12 días su frecuencia de aparición es cinco veces mayor que a 0 días de maduración. El tolueno es un compuesto que se relaciona con aromas a pintura, presente también en el estudio llevado a cabo por Domínguez et al. (2014) en carne cruda de potro.

Perteneciente a la familia de los compuestos azufrados únicamente se encuentra al metano tiobis (DMS). La frecuencia de aparición del metano tiobis aumenta considerablemente de los 0 a 12 días de maduración. El DMS está relacionado con el olor a col y a agrio (Insausti et al., 2002).

En la familia de los alcoholes alifáticos aparecen dos compuestos, el etanol y el 1-penteno-3-ol. Las frecuencias de aparición de ambos compuestos varían, siendo menores tras los 12 días de maduración. El etanol es un compuesto que se relaciona con

flavor dulce. Por otro lado 1-penteno-ol es característico de aromas acres “Recuperado de: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>”.

Por último, en la familia de las aminas hay dos compuestos que prácticamente su frecuencia es constante en los dos tiempos de maduración. Las aminas se relacionan con aromas a pescado “Recuperado de: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>”.

En la Figura 18 se representan los porcentajes del número de compuestos volátiles encontrados en las muestras de 0 y 12 de maduración según su naturaleza química.

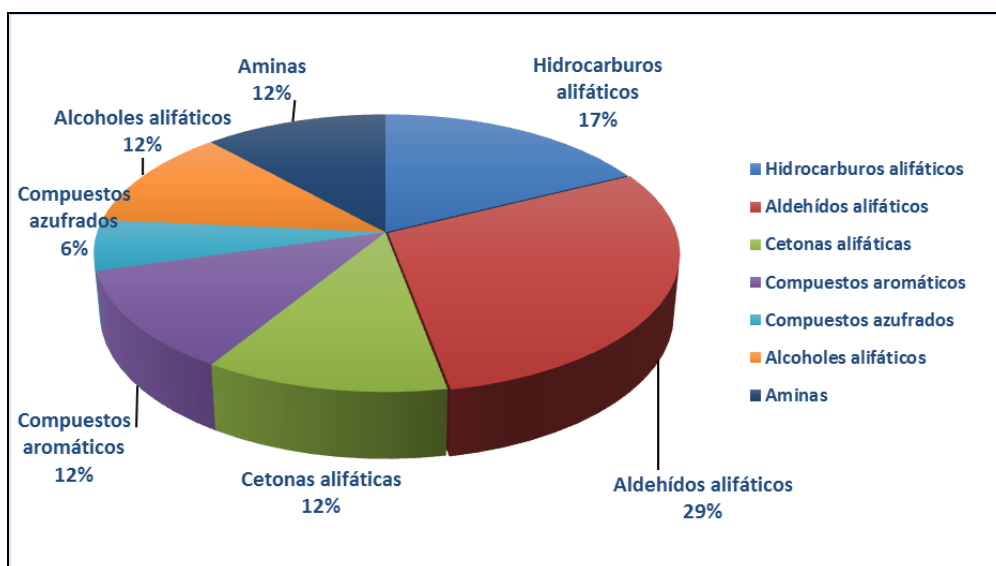


FIGURA 18. Porcentaje del número de compuestos volátiles según su naturaleza química detectado en el espacio de cabeza dinámico de muestras de carne en crudo del músculo Longissimus dorsi en potro.

Se puede observar como los aldehídos alifáticos son la mayoría de los compuestos de detectados con un 29%, seguidos de los hidrocarburos alifáticos con un 17%. Los siguientes compuestos más abundantes son los compuestos aromáticos, las aminas, los alcoholes alifáticos y cetonas alifáticas con un 12%. Por último los compuestos azufrados son los menos abundantes con un 6%.

En la Figura 19 se representan los porcentajes relativos de área de los compuestos volátiles según su naturaleza química a 0 y 12 días de maduración.

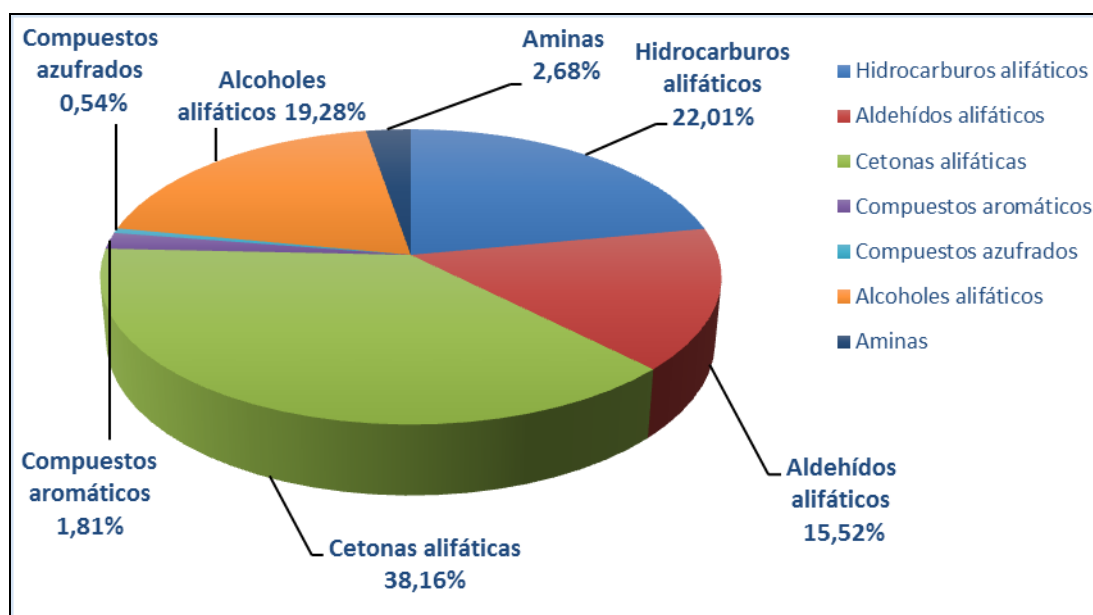


FIGURA 19. Porcentaje relativo de área (PRA) de los compuestos volátiles según su naturaleza química detectados en el espacio de cabeza dinámico del músculo Longissimus dorsi en carne de potro.

Se observa una gran diferencia de porcentajes cuando se representan los porcentajes relativos de área (PRA) de los compuestos volátiles detectados. Los mayores valores son de la familia de las cetonas alifáticas que representan un 38,16%. Los hidrocarburos alifáticos representan un 22,01% seguido de los alcoholes alifáticos con 19,28% y los aldehídos alifáticos con un 15,52%. Finalmente los compuestos con una menor presencia numérica son las aminas con un 2,68%, los compuestos aromáticos con 1,81% y por último los compuestos azufrados con un 0,54%.

Dentro la familia de las cetonas alifáticas ese alto porcentaje del 38,16% se debe principalmente al alto PRA del 2-propanona con un 36,59%. Esta alta presencia de la 2-propanona no se ha dado en los demás estudios de carne de potro en crudo, pero sin embargo, en el estudio realizado por Insausti et al. (2005) se obtuvieron estos altos contenidos de 2-propanona.

En el caso de los hidrocarburos alifáticos tienen un PRA de 22,01% dentro de los cuales el etanol tiene un 18,61%. Los aldehídos alifáticos disminuyen bastante su presencia cuando se habla PRA ya que representan un 15,52%, dentro de los cuales destaca el hexanal y etanal con un 5,92% y un 5,25% respectivamente. La presencia del hexanal se relaciona con una alimentación en base a grano (Elmore et al., 2004). A pesar de su aparente menor importancia debido al pequeño PRA, los aldehídos tienen bajos umbrales de detección de olor, por lo tanto, las pequeñas cantidades pueden ejercer una enorme influencia en el olor.

Los alcoholes representan un 19,28% del PRA, siendo el etanol con mayor 18,61% del PRA frente a un 0,66% que supone el 1-penteno-3-ol.

Aminas, compuestos aromáticos y compuestos azufrados representan un PRA poco significativa.

A partir de los datos obtenidos, se observa que en las muestras de carne de potro maduras 0 y 12 días se produce una tendencia similar en lo que se refiere a la frecuencia de aparición de compuestos volátiles. Respecto a la importancia en el perfil aromático, tanto cetonas como aldehídos alifáticos tienen gran importancia en cuanto a al Porcentaje relativo de área (PRA) de los compuestos volátiles según su naturaleza química. Sin embargo, mientras que las cetonas tienen una presencia numérica considerable alcanzando el valor de 38, 16% (Figura 19), los aldehídos alifáticos presentaron el valor de 15,52% (Figura 19). Por tanto ambos compuestos podrían influenciar el flavor de la carne (olor y sabor)

4.2. Efecto del tiempo de maduración sobre el perfil de los compuestos volátiles

En la Tabla 14 se puede observar como solo un total de 6 compuestos volátiles presentan diferencias significativas con el tiempo de maduración: metano isocianato, hexanal, octanal, imidazol, 1-penteno-3-ol y propilamina. Al comparar el total de compuestos obtenidos con significación con los estudios realizados en carne de vacuno, se observa como en el estudio llevado a cabo por Arteta (2013) el total de compuestos con significación es de 5, es decir, un valor muy parecido a lo obtenido en carne de potro. Sin embargo, en el estudio realizado por Insausti, Beriain, Gorraiz & Purroy (2002) se obtuvieron un total de 14 compuestos volátiles con significación.

Respecto al efecto maduración el 1-penteno-3-ol presenta un efecto significativo con una $p < 0,001$, mientras que el octanal y el imidazol presentan un nivel de significación de $p < 0,01$. Por último, con un nivel de significación $p < 0,05$ se encuentran compuestos volátiles como el hexanal, propilamina y el metano isocianato. Estos resultados se relacionan con los obtenidos en los estudios realizados por Arteta (2013) e Insausti et al. (2002) en los que el octanal y hexanal también presentaban diferencias significativas. Aquí se puede observar como la maduración de la carne tiene especial efecto en estos compuestos procedentes todos de la oxidación de los ácidos grasos insaturados, para los que la maduración es un efecto importante para su formación (Arteta, 2013).

En carne de vacuno tanto en el estudio llevado a cabo por Insausti et al. (2002) y Arteta (2013), el etanol es un compuesto que también se veía afectado por la maduración. Sin embargo, en carne de potro, a pesar de darse un aumento del área de los compuestos volátiles entre el día 0 y 12 de maduración no presenta ninguna significación.

El octanal y hexanal que no poseen un alto PRA sí han tenido efectos significativos. Sin embargo, compuestos como la 2-propanona que tenía un alto PRA no ha tenido efectos significativos. También se observa como la familia de los aldehídos alifáticos es la que posee mayor número de compuestos con significación en todos los análisis. Esto puede deberse como describieron Elmore et al. (1999) y Arteta (2013) a una alta tasa de ácidos grasos $n3$ en la dieta, ya que este tipo de alimentación supone mayores productos de degradación lipídica, especialmente de aldehídos.

TABLA 14. Niveles de significación estadística del factor maduración 0 días frente a 12 días del análisis de la varianza para los compuestos volátiles detectados en el músculo *Longissimus dorsi* en potro.

FAMILIAS	MADURACIÓN
	P
HIDROCARBUROS ALIFATICOS	
Etano-1,1'-oxybis	ns
Pentano	ns
Metano isocianato	*
ALDEHIDOS ALIFATICOS	
Etanal	ns
Nonanal	ns
Hexanal	*
Heptanal	ns
Octanal	**
CETONAS ALIFATICAS	
2-propanona	ns
2-butanona	ns
COMPUESTOS AROMATICOS	
Tolueno	ns
Imidazol	**
COMPUESTOS AZUFRADOS	
Metano tiobis	ns
ALCOHOLES ALIFATICOS	
Etanol	ns
1-penteno-3-ol	***
AMINAS	
Metilamina	ns
Propilamina	*

ns: no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; - efecto no analizado.

En la Tabla 15 se muestran las medias por compuestos y por tiempos de maduración. Si se diferencia por compuesto se puede observar como el más abundante respecto al área es el etanol, seguido por la 2-propanona y por el etano-1,1òxybis. Tanto el etanol como el etano-1,1òxybis presentan áreas mayores tras el madurado de la carne, sin embargo, la 2-propanona al igual que el resto de cetonas alifáticas, presenta valores de área inferiores a 12 días de maduración que 0 días de maduración.

Observando el resto de compuestos por tiempos de maduración se puede observar como el tiempo de maduración a 12 días tiene mayores valores medios de área que los

de a 0 días de maduración, por lo que las diferencias entre los dos tiempos de maduración sí que fueron significativos. En los compuestos que tienen diferencias significativas, se puede observar como para todos ellos se diferencia el tiempo de maduración a 12 días respecto al tiempo de maduración a 0 días presentando valores de área mayores.

TABLA 15. Media de áreas para el factor maduración (0 frente a 12 días) en los compuestos volátiles detectados en el espacio cabeza dinámico en las muestras de carne del músculo Longissimus dorsi en potro. (Media de áreas $\times 10^3$).

FAMILIAS	MADURACIÓN		SEM	P
	0 días	12 días		
HIDROCARBUROS ALIFATICOS				
Etano-1,1'-oxybis	179	2802	904,4	ns
Pentano	41	1522	382,7	ns
Metano isocianato	232	569	89,1	*
ALDEHIDOS ALIFATICOS				
Etanal	502	1300	350,8	ns
Nonanal	58	90	14,7	ns
Hexanal	445	1604	265,7	*
Heptanal	227	475	79,4	ns
Octanal	224	400	43,3	**
CETONAS ALIFATICAS				
2-propanona	6658	5390	1214,2	ns
2-butanona	350	144	82,6	ns
COMPUESTOS AROMATICOS				
Tolueno	247	180	46,7	ns
Imidazol	25	106	10,8	**
COMPUESTOS AZUFRADOS				
Metano tiobis	48	115	24,8	ns
ALCOHOLES ALIFATICOS				
Etanol	476	6704	3029,6	ns
1-penteno-3-ol	67	225	19,4	***
AMINAS				
Metilamina	356	110	148,6	ns
Propilamina	52	367	84,2	*

ns: no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; - efecto no analizado.

A partir de los datos obtenidos en el presente estudio, se podría corroborar que la maduración la carne de potro queda influida considerablemente en perfil aromático de tal forma que la carne con 12 días de maduración tiene elevadas concentraciones de compuestos volátiles. Durante el periodo de maduración (12 días) compuestos como el octanal ha incrementado su área casi al doble, el metano isocianato a más del doble y el hexanal y 1-penteno-3-ol han incrementado su área hasta 3 veces. El imidazol y la propilamina son los compuestos que más han aumentado su área a medida que se dado el proceso de maduración siendo su área 4 y 7 mayor respectivamente.

4.3. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa

Los valores de malonaldehído (MDA/kg) (TBARS) en las muestras de carne de potro a 0 y 12 días de maduración presentaron un resultado de 0,43 MDA/kg, y 0,66 MDA/kg respectivamente. En un intento de explicar el comportamiento de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa con la maduración se ha hecho análisis de correlaciones entre ambos. A continuación, se muestran los resultados alcanzados.

En la Tabla 16 se puede observar como a 0 días de maduración no hay ninguna correlación significativa ($p > 0,05$) entre los compuestos volátiles y la oxidación de los ácidos grasos. Esto podría deberse a que se trata de muestras sin madurar por lo que los ácidos grasos no se han oxidado en gran cantidad.

Por otro lado, en las muestras a 12 días de maduración hay compuestos volátiles que presentan un nivel de significación positiva frente a la oxidación de los ácidos grasos. Estos compuestos son el etanal, etanol, propilamina, 1-penteno-3-ol, tolueno y el octanal. El etanol, 1-penteno-3ol y el octanal presentan un nivel de significación de $p < 0,01$, mientras que el etanol, propilamina y tolueno presentan un nivel de significación de $p < 0,05$. Tal y como se puede observar no hay ningún compuesto volátil con una relación negativa de significación. Al igual que ocurre en el estudio realizado por Arteta (2013) en carne de toro se ve un aumento de las correlaciones entre los compuestos volátiles y la oxidación de la grasa con la maduración. Esto se debe a que la oxidación de dichos ácidos grasos da lugar a algunos compuestos volátiles (Arteta, 2013).

TABLA 16. Análisis de correlación de los compuestos volátiles con la oxidación de la grasa en carne cruda a 0 y a 12 días de maduración.

COMPUESTO	mgMDA/kg (0 días)	mgMDA/kg (12 días)
Etanal	-0,058	0,837**
Etanol	0,428	0,858*
2-propanona	0,338	0,170
Etano-1,1-oxybis	-	0,700
Metano tiobis	0,530	0,066
Propilamina	0,175	0,821*
Pentano	0,744	-0,158
2-butanona	0,515	-0,243
1-penteno-3-ol	-0,266	1,00**
Tolueno	0,392	0,673*
Imidazol	-0,083	0,447
Hexanal	0,074	0,622
Heptanal	0,076	0,782
Metano isocianato	0,103	-0,268
Octanal	0,148	0,771**
Metilamina	-0,777	-0,656
Nonanal	0,185	-0,437

ns: no significativo, $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; - efecto no analizado.

De acuerdo a estudios previos en vacuno (Campo et al., 2006) valores superiores a 2 mg MDA/kg se corresponden a valores de rancidez. Los valores de TBARS correlacionados en el presente trabajo, tanto a 0 como a 12 días de maduración presentan valores de rancidez inferiores a 2 mg MDA/kg, por tanto, a pesar de que se generan compuestos volátiles con la maduración, éstos no causarían el rechazo de la carne de potro por parte del consumidor.

5. CONCLUSIONES

Con el material y métodos empleados en el presente Trabajo Final de grado y a partir de los resultados obtenidos, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- El perfil de compuestos volátiles identificados en el musculo *Longissimus dorsi* de potros alimentados con semillas de lino, está constituido por 17 compuestos volátiles, en su mayoría aldehídos alifáticos, hidrocarburos alifáticos, cetonas alifáticas, aminas, compuestos aromáticos y alcoholes alifáticos y en menor medida compuestos azufrados.
- Las familias de compuestos volátiles con mayor presencia (PRA) han sido las cetonas alifáticas, seguido de los hidrocarburos alifáticos, los alcoholes alifáticos y los aldehídos alifáticos. Los compuestos volátiles con mayor presencia (PRA) han sido la 2-propanona y el etanol.
- El metano isocianato, hexanal, octanal, imidazol, 1-penteno-3-ol y propilamina presentan diferencias significativas con el efecto del tiempo de maduración sobre el perfil de los compuestos volátiles. Se observa como la familia de los aldehídos alifáticos es la más afectada con la maduración, debido a que la mayoría de compuestos con diferencias significativas son aldehídos.
- La inclusión de lino al 5% en la dieta de los potros, no ha mostrado diferencias significativas en la frecuencia de aparición de los compuestos volátiles entre las muestras de 0 y 12 días de maduración. Como consecuencia de ello, la inclusión de del lino en el acabado, no produce diferencias en el perfil aromático.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Acree., T & Arn., H. En Flavournet and human odor space. Consultado enero/23, 2017. Recuperado de <http://www.flavornet.org/flavornet.html>
- ✓ Arteta Hugueros, Maitane. (2013). Determinación de la fracción aromática de la carne de toro de lidia. Trabajo final de Carrera.
- ✓ Bakaikoa Perez, Iker. (2011). Efecto de la utilización de lino y de chia sobre el crecimiento y la calidad de la canal de corderos de tipo ternasco de raza Navarra. Trabajo fin de Carrera.
- ✓ Belaunzaran, X., Bessa, R. J. B., Lavín, P., Mantecón, A. R., Kramer, J. K. G., & Aldai, N. (2015). Horse-meat for human consumption - Current research and future opportunities. *Meat Science*, 108, 74–81. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.006>
- ✓ Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M, Wood, J.D., & Richardson, R.I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72 (2), 303-311.
- ✓ Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., & Lorenzo, J.M. (2014). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, (97), 223-230. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014000321>
- ✓ Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M., Wood, J.D. (1999). Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *J. Agric. Food Chem.* (47), 1619-1625.
- ✓ Fábregas, X. (2002). Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España. *Eurocarne*, (110), 1–5. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/pub/artpub/2002/69386/11322675n110p1.pdf>
- ✓ FAO. (2013). Food and Agriculture organizations of the United Nations. Consultado diciembre/16. Recuperado de http://faostat3.fao.org/download/Q/*/E
- ✓ Fernández de Labastida, I. (2011). Caballos de monte y carne de potro. Análisis antropológico de un proceso contemporáneo de construcción identitaria, cultural y económica en la montaña Alavesa. Universidad Del País Vasco.
- ✓ Filgueras, R.S., Gatellier, P., Aubry, L., Thomas, A., Bauchart, D., Durand., & Sante-lhoutellier, V. (2010). Colour, lipid and protein stability of Rhea Americana meat during air-and vacuum-packed storage: Influence of muscle on oxidative processes. *Meat Science*, 86 (3), 665-673. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.007>
- ✓ Franco, D., Crecente, S., Santiago, C., Vázquez, J.A., Gómez, M. & Lorenzo, J.M. (2013). Effect of cross breeding and amount of finishing diet growth parameters, carcass and meat composition of foals slaughtered at 15 months of age. *Meat Science*, (93), 547-556. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012003798>

- ✓ Franco, D., Rodríguez, E., Purriños, L., Crecente, L., Bermúdez, R., & Lorenzo, J.M. (2011). Meat quality of “Galician Mountain” foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Science*, (88), 292-298. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174011000076>
- ✓ Gorraiz, C., Beriain, M.J., Chasco, J., & Insausti, K. (2002). Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian Bulls and heifers. *J. Food Science*, (67), 916-922.
- ✓ Gómez, M., & Lorenzo, J. M. (2012). Effect of packaging conditions on shelf life of fresh foal meat. *Meat Science*, 91(4), 513-520. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.007>
- ✓ Heiniö, R. L., Katina, K., Wilhelmson, A., Myllymäki, O., Rajamäki, T., Latva-Kala, K., Liukkonen, K. H., & Poutanen, K. (2003). Relationship between sensory perception and flavor-active volatile compounds of germinated, sourdough fermented and native rye following the extrusion process. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, Food Science and Technology*, 36, 533-545.
- ✓ Insausti, K., Goñi, V., Petri, E., Gorraiz, C., Beriain, M.J. (2005). Effect of weight at slaughter on the volatile compounds of cooked beef from Spanish cattle breeds. *Meat Science*, (70), 83-90.
- ✓ Insausti, K., Beriain, M.J., Gorraiz, C., & Purroy, A. (2002). Volatile Compounds of Raw Beef from 5 Local Spanish Cattle Breeds Stored Under Modified Atmosphere. *Journal of food science*, (67), 1580-1589.
- ✓ INTIA. Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias S.A. Explotaciones Ganaderas. Ganadería Navarra. Razas autóctonas. Burguete. Consultado diciembre /6, 2016. Recuperado de <http://www.intiasa.es/es/explotaciones-ganaderas/areas-de-interes/ganaderia-navarra/razas-autoctonas/nuestras-razas/burguete.html>
- ✓ Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D, & Mottram, D.S. (2008). Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of idet and breed. *Meat Science* (79), 124-130.
- ✓ Lanza, M., Landi, C., Scerra, M., Galofaro, V., & Pennisi, P. (2009). Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano and Haflinger foals. *Meat Science*, (81), 142-147.
- ✓ Lorenzo, J. M., & Pateiro, M. (2013). Influence of type of muscles on nutritional value of foal meat. *Meat Science*, 93(3), 630–638. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.007>
- ✓ Lorenzo, J.M., & Domínguez, R. (2014). Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure. *Flavour and Fragrance Journal*, (29), 240-248.

- ✓ MAGRAMA. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2002). Cap.20.Sector equino. En El libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural (pp. 461-481). Madrid. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/cap11a20_t2_tc m7-391216.pdf
- ✓ MAGRAMA. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ganadería. Zootecnia. Razas Ganaderas (ARCA). Catálogo Oficial de Razas. Raza Autóctona en Peligro de Extinción. Equino Caballar. Año 2008. Consultado diciembre/15, 2016. Recuperado de <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razasganaderas/razas/c atalogo>
- ✓ Ma, Q.L., Hamid, N., Bekhit, A. E. D., Robertson, J., & Law, T. F. (2012). Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1 day and 21 days post-mortem storage. *Meat Science*, 92, 430-439.
- ✓ Machiels, D., Van Ruth, S.M., Posthumus, M.A., Istasse, L. (2003). Gas chromatography-olfacto-metry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats. *Talanta* (60), 755-764.
- ✓ Morris, D. & Evans, E. (2015). Semilla de lino en la dieta de los rumiantes. Recuperado de: <http://flaxcouncil.ca/wp-content/uploads/2015/04/Linseed-Ruminant-Diet.pdf>
- ✓ Mottram, D.S. 1998. Flavor formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, (62), 415-424.
- ✓ Navarra. Gobierno. (1999). Orden Foral de 26 de abril de 1999, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Alimentación, por la que se reconoce a la Asociación de Criadores de Ganado Equino Burguete de Navarra (ASCANA) como gestora del Libro Genealógico de la Raza Equina “Burguete” y se aprueba la Reglamentación específica de dicho Libro Genealógico. Recuperado de <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/A4FA3573-29FF-4579-8048-26A2056166F3/0/52202.pdf>
- ✓ Olivan, M., Sierra, V., & García, P. (2013). Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Serida*, (12), 45-52.
- ✓ Pose, H., Riveiro, G., Fernandez, A., Viana, J.L., Santamarina, G., & Fernandez, M. (2001). Actuaciones para la conservación del Cabalo Galego de Monte. *Archivos de Zootecnia*, 50 (189-190), 251-558.
- ✓ Revuelta, J. (2013). Estudio del impacto del sector ecuestre en España. *Daemon Quest Deloitte*, junio, 293-300. Recuperado de http://www.rfhe.com/wpcontent/uploads/ESTUDIO_DEL_IMPACTO_%20EC UESTRE_ESPANA.pdf
- ✓ Rossier, E. (1998). Horse meat. Review, Endocrinology. *Encyclopaedia of Food Science*.
- ✓ Sañudo, C. (1993). La calidad organoléptica de la carne (VIII) con especial referencia a la carne ovina. *Mundo ganadero*, diciembre, 62-63.

- ✓ Sarriés, M.V., & Beriain, M.J. (2004). Carne de potro: ¿Desconocida para el consumidor? *Mundo Ganadero*, 165, 84-88. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2004_165_84_88.pdf
- ✓ Sarriés, M.V., & Beriain, M.J. (2005). Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat Science*, 70(1), 141-152. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.006>
- ✓ Sarriés, M. V., Ruiz, M., Beriain, M. J., & Pérez de Muniáin, A. (2014). Evolución de la calidad de la carne de potro con el tiempo de conservación. *Navarra Agraria*, septiembre, 35-42. Recuperado de http://www.navarraagraria.com/media/k2/items/cache/d223ee4fdebdcd40ae2cd65f88141ed1_XL.jpg
- ✓ Tarladgis, B.G., Watts, B.M. and Younathan, M.T. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemists Society*, 37, 44-48
- ✓ Villanueva, M., Pérez de Muniain, A., & Eguinoa, P. (2009). Razas Burguete y Jaca Navarra. Cebo de potros: lechales y quincenos. *Navarra Agraria*, junio, 41-44. Recuperado de <http://www.navarraagraria.com/categories/item/843-cebo-de-potros-lechales-y-quincenos-de-las-razas-burguete-y-jaca-navarra>